

HOLOGRAM, CONDENSING OPTICAL SYSTEM FORMED BY USING HOLOGRAM AS WELL AS OPTICAL HEAD DEVICE OPTICAL DISK DEVICE HAVING THIS CONDENSING OPTICAL SYSTEM

Patent Number: JP10010308
Publication date: 1998-01-16
Inventor(s): KANEUMA YOSHIKI; AIKO HIDEKI; URAIRI KENICHIROU
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Requested Patent: ☐ JP10010308
Application Number: JP19960162216 19960621
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B5/18; G02B5/32; G02B19/00; G11B7/135
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease the light quantity of the light quantity of unnecessary diffracted light by setting the diffraction efficiency of zero order diffracted light and +1st order diffracted light higher than the diffraction efficiency of the diffracted light of any other order and specifying the respective values of the diffraction efficiency.
SOLUTION: A hologram lens 107 is so designed that the diffraction efficiency of its +1st order diffracted light 64 is <100% and that the lens has sufficient strength even to the zero order diffracted light (transmitted light) 61 of a light beam 3. This zero order diffracted light 61 is condensed to the position of the recording surface 38a of an information recording medium 51 having a small substrate thickness t2 by an objective lens 4. The +1st order diffracted light 64 is condensed to the position of the recording surface 38b of an information recording medium 5 having a large substrate thickness t1. In such a case, the diffraction efficiency of the zero order diffracted light 61 and the -1st order diffracted light 64 is higher than the diffraction efficiency of the diffracted light of any other order and the values of the diffraction efficiency of the zero order diffracted light 61 and the 1st order diffracted light 64 are both $\geq 30\%$. The diffraction efficiency of one of the +2nd order diffracted light and the -1st order diffracted light is $\leq 2\%$.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-10308

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月16日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 5/18			G 0 2 B 5/18	
	5/32		5/32	
	19/00		19/00	
G 1 1 B 7/135			G 1 1 B 7/135	A
				Z
審査請求 未請求 請求項の数32 O L (全 28 頁)				

(21) 出願番号 特願平8-162216

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月21日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 金馬 慶明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 愛甲 秀樹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 浦入 賢一郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

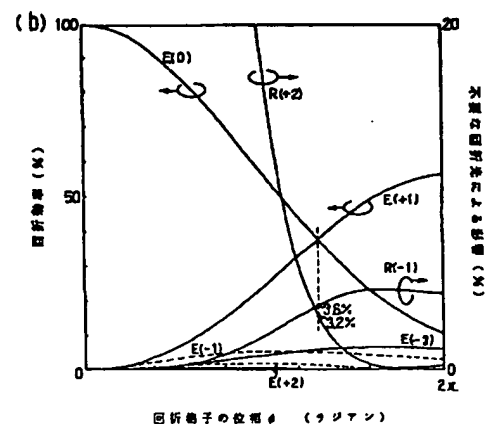
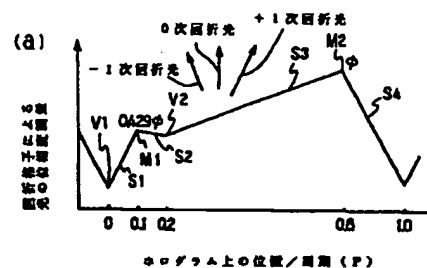
(74) 代理人 弁理士 池内 寛幸 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ホログラム、ホログラムを用いた集光光学系及びその集光光学系を有する光ヘッド装置及び光ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 基板の厚さのそれぞれ異なる複数種類の情報記憶媒体に対して情報の記録、再生及び消去を行う光ディスク装置及びその光ヘッド装置において、不要な高次回折光による影響を低減する。

【解決手段】 対物レンズ4とホログラムレンズ107で集光光学系を構成し、0次回折光と+1次回折光を用いて、基板厚さがそれぞれ異なる2つの情報記録媒体5、51の情報記録面に回折限界の集光スポットする。ホログラムレンズ107の格子パターン107aを、回折格子の1周期内で少なくとも2つの山を有するように複数の斜面で構成し、不要な-1次回折光及び+2次回折光の回折効率を低減させる。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 0次回折光と+1次回折光の回折効率が他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、0次回折光と+1次回折光の回折効率がいずれも30%以上であり、+2次回折光及び-1次回折光のいずれか一方の回折効率が2%以下であるホログラム。

【請求項2】 +1次回折光に対して凹レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が2%以下である請求項1記載のホログラム。

【請求項3】 +2次回折光の回折効率が-3次回折光の回折効率より小さい請求項1又は2記載のホログラム。

【請求項4】 0次回折光及び+1次回折光の回折効率が他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、+1次回折光に対して凹レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が-1次回折光の回折効率よりも小さいホログラム。

【請求項5】 +1次回折光に対して凸レンズ作用を有し、0次回折光と+1次回折光の回折効率はいずれも30%以上であり、-1次回折光の回折効率が2%以下である請求項1記載のホログラム。

【請求項6】 -1次回折光の回折効率が+3次回折光の回折効率より小さい請求項1又は5記載のホログラム。

【請求項7】 0次回折光及び+1次回折光の回折効率は他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、+1次回折光に対して凸レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が-1次回折光の回折効率よりも小さいホログラム。

【請求項8】 -1次回折光及び+2次回折光のうち、その回折効率が2%以下のものが、他方の回折効率の1/3以下である請求項1から7のいずれかに記載のホログラム。

【請求項9】 +1次回折光の回折効率が50%以上であり、0次の回折効率が15%以上であり、-1次回折光の回折効率が1%以下であり、+1次回折光に対して凸レンズ作用を有するホログラム。

【請求項10】 ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は少なくとも2つの山を有しており、前記2つの山のうち一方の前記ホログラム上の位置方向における幅が他方の幅よりも狭く、前記光学的位相変調量方向における高さが他方の光学的位相変調量方向の高さも低く、前記光学的位相変調量方向における高さの高い方の山の1つの斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅が前記1周期の略1/2以上であり、前記光学的位相変調量方向における高さの低い方の山の位置方向の幅が前記1周期の略1/3以下であるホログラム。

2

【請求項11】 ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された5段の階段状であり、第1段から第4段までは順にその高さが高くなり、第5段は前記第4段よりも高さが低く、前記第1段及び第5段の前記ホログラム上の位置方向の幅が1周期の略1/10であるホログラム。

【請求項12】 ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は同じ方向に傾斜した連続した第1及び第2の斜面を有しており、前記第2の斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅は1周期の略90%であり、前記第1の斜面の傾斜は前記第2の斜面の傾斜よりも急であるホログラム。

【請求項13】 ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された4段の階段状であり、第1段から第4段まで順にその高さが高くなり、第1段と第2段の段差及び第3段と第4段の段差はいずれも第2段と第3段の段差よりも大きく、前記第1段と第2段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_2 は略0.35 π であり、前記第2段と第3段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_3 と前記 ϕ_2 の和が略0.98 π であるホログラム。

【請求項14】 ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された連続する第1、第2及び第3の3つの斜面を有し、第3の斜面の前記ホログラム上の位置方向の幅は1周期の略2/3以上であり、前記第1、第2及び第3の斜面はそれぞれ同じ方向に傾斜し、前記第2の斜面の傾斜は前記第1及び第3の斜面の各傾斜よりも急であるホログラム。

【請求項15】 ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は同方向に傾斜した2つの不連続な斜面を有し、前記各斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅は、それぞれ1周期の略1/2であるホログラム。

【請求項16】 ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調

(3)

3

量を、前記ホログラム上の位置又は 0 次回折光と +1 次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された 4 段の階段状であり、第 1 段から第 4 段まで順にその高さが高くなり、第 1 段と第 2 段の段差及び第 3 段と第 4 段の段差はいずれも第 2 段と第 3 段の段差よりも大きく、前記第 1 段と第 2 段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_2 は略 0. 45π であり、前記第 2 段と第 3 段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_3 と前記 ϕ_2 の和が略 0. 62π であるホログラム。

【請求項 17】 少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも 2 つの焦点を作り出し、前記 2 つの焦点は前記ホログラムレンズによる 0 次回折光及び +1 次回折光の焦点であり、前記ホログラムレンズは請求項 1～16 のいずれかに記載されたホログラムを含む集光光学系。

【請求項 18】 前記焦点は、それぞれ基板表面から情報記録面までの厚さが異なる複数種類の情報記録媒体の前記情報記録面上に収束するように設計されている請求項 17 記載の集光光学系。

【請求項 19】 少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも 2 つの焦点を作り出し、前記屈折型レンズは前記ホログラムレンズによる 0 次回折光を情報記録媒体の基板表面から厚さ t_2 の位置に設けられた第 1 の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは前記ホログラムレンズ自身により回折される回折光が前記屈折型レンズを通過した後、前記基板表面から前記厚さ t_2 よりも厚い t_1 の位置に設けられた第 2 の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは請求項 1～4、10 及び 11 のいずれかに記載されたホログラムを含む集光光学系。

【請求項 20】 少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも 2 つの焦点を作り出し、前記屈折型レンズは前記ホログラムレンズによる 0 次回折光を情報記録媒体の基板表面から厚さ t_1 の位置に設けられた第 1 の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは前記ホログラムレンズ自身により回折される回折光が前記屈折型レンズを通過した後、前記基板表面から前記厚さ t_1 よりも薄い t_2 の位置に設けられた第 2 の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは請求項 1、5～7、9、及び 12～16 のいずれかに記載されたホログラムを含む集光光学系。

【請求項 21】 少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少

4

なくとも 2 つの焦点を作り出し、前記 2 つの焦点はそれぞれ開口数が異なり、前記ホログラムレンズは請求項 1～16 のいずれかに記載されたホログラムを含む集光光学系。

【請求項 22】 少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも 2 つの焦点を作り出し、0 次回折光が集光される焦点の開口数が +1 次回折光が集光される焦点の開口数よりも大きく、前記ホログラムレンズは請求項 1～4、10 及び 11 のいずれかに記載されたホログラムを含む集光光学系。

【請求項 23】 前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は請求項 1～4、10 及び 11 のいずれかに記載されたホログラムであり、+1 次回折光の回折効率の内周部よりも外周部の方が小さい請求項 22 記載の集光光学系。

【請求項 24】 前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は請求項 1～4、10 及び 11 のいずれかに記載されたホログラムであり、外周部は格子パターンが形成されていない領域を有する請求項 22 記載の集光光学系。

【請求項 25】 前記ホログラムレンズの格子パターンが形成されていない領域の位相と、格子パターン部の位相の平均値とがほぼ等しい請求項 24 記載の集光光学系。

【請求項 26】 少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも 2 つの焦点を作り出し、0 次回折光が集光される焦点の開口数が +1 次回折光が集光される焦点の開口数よりも小さく、前記ホログラムレンズは請求項 1、5～7、9 及び 12～16 のいずれかに記載されたホログラムを含む集光光学系。

【請求項 27】 前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は請求項 1、5～7、9 及び 12～16 のいずれかに記載されたホログラムであり、0 次回折光の回折効率は内周部よりも外周部の方が小さい請求項 26 記載の集光光学系。

【請求項 28】 前記屈折型レンズ及び前記ホログラムレンズの相対位置を固定した請求項 17 から 27 のいずれかに記載の集光光学系。

【請求項 29】 前記屈折型レンズ表面に前記ホログラムレンズを形成した請求項 28 記載の集光光学系。

【請求項 30】 前記屈折型レンズ面のうち、曲率の大きな表面に、前記ホログラムレンズを形成した請求項 29 記載の集光光学系。

(4)

5

【請求項31】 放射光源と、前記放射光源から出射される光ビームを情報記録媒体上へ微小スポットとして収束させる集光光学系と、前記情報記録媒体により反射された光ビームを受け、その光量に応じて電気信号を出力する光検出器を具備し、前記集光光学系は請求項17～29のいずれかに記載されたものである光ヘッド装置。

【請求項32】 情報記録媒体の駆動機構と、請求項30記載の光ヘッド装置と、前記光ヘッド装置より得られる信号を用いたフォーカサー機構及びトラッキングサーボ機構と、前記サーボ機構を駆動するための制御回路と、電源又は外部電源との接続部とを具備する光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクや光カード等の光媒体又は光磁気媒体（情報記録媒体）上に情報を記録し、再生し、消去するための光ヘッド装置、それを用いた光ディスク装置、光ヘッド装置に適する集光光学系及びその構成部品であるホログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】ピット状パターンを有する光ディスク上に微小に絞られた光ビームを用いて情報を記録し再生する光メモリ技術は、その高密度性及び大容量性により、デジタルオーディオディスク、ビデオディスク、文書ファイルディスク、さらにはデータファイル等に応用され、実用化されている。しかしながら、光ディスクへの情報の記録及び再生の信頼性は、光ディスク装置の光学系の性能によるところが大きい。一般に、光ディスク装置の光学系の主要部である光ヘッド装置の基本的な機能は、回折限界の微小スポットを形成する集光性、光学系の焦点制御及びトラッキング制御、及びピット信号の検出に大別される。これらの機能は、光ディスク装置の目的及び用途に応じて、各種の光学系及び光電変換検出方式の組合せにより実現されている。

【0003】近年、光学系設計技術の進歩及び光源である半導体レーザーの短波長化により、従来以上の高密度の記憶容量を持つ光ディスクの開発が進み、光ディスク上へ光ビームを微小に絞る集光光学系の光ディスク側開口数（以下、NAと称する）を大きくすることが検討されている。NAを大きくした場合、光軸の傾き（いわゆるチルト）により収差の発生量が增大するという問題が生じる。これを防止するためには、光ディスクの基板の厚み（基材厚）を薄くすれば良い。例えば、 $NA=0.5$ 、基板の厚み $t_1=1.2\text{mm}$ の場合と同じ量のチルト許容度を得るためには、 $NA=0.6$ の時には基板の厚み $t_2=0.6\text{mm}$ にすれば良い。なお、本明細書中では、基板厚みとは光ディスク（または情報記録媒体）に光ビームの入射する面から情報記録面までの厚みを指す。

【0004】上記理由により、高密度の光ディスクでは

6

基板の厚みを薄くすることが望ましい。従って、次世代の高密度光ディスクの基板の厚さは、既に市販されているコンパクトディスク（CD）を初めとした多くの在来光ディスクよりも薄くなると考えられる。当然のことながら、在来の光ディスクと次世代の高密度光ディスクの両方を記録再生できる光ディスク装置が必要になる。そのため、基板の厚さが異なる複数種類の光ディスク上に回折限界まで光ビームを集光することのできる集光光学系を備えた光ヘッド装置が必要となる。

【0005】次に、例えば特開平7-098431号公報に記載された従来の2焦点光ヘッド装置を、図21を用いて説明する。図21に示すように、従来の2焦点光ヘッド装置は、例えば半導体レーザー等の放射光源2と、放射光源2から出射された光ビーム3を平行光束に変換するコリメートレンズ122と、コリメートPレンズ122により平行光化された光束を透過し、また情報記録媒体5又は51からの反射光を所定方向に反射する偏光ビームスプリッター42と、偏光ビームスプリッター42を透過した光束を円偏光に変換する1/4波長板15と、1/4波長板15を透過した光束を情報記録媒体5又は51の記録面上に集光させるための対物レンズ4及びホログラムレンズ107で構成された集光光学系と、集光光学系を駆動する駆動機構110と、偏光ビームスプリッター42により反射された情報記録媒体5又は51からの反射光を光検出器71上に集光する集束レンズ121と、集束レンズ121により集束された光束の波面をフォーカサー信号やトラッキングエラー信号を得るために波面変換するシリンドリカルレンズ131等で構成されている。なお、以下本明細書中において、「集光」とは「発散光または平行光を回折限界の微小スポットにまで収束すること」と定義する。

【0006】放射光源2から出射された光ビーム3はコリメートレンズ122により略平行光化され、さらに、偏光ビームスプリッター42を透過し、1/4波長板15により円偏光に変換され、ホログラムレンズ107に入射する。ホログラムレンズ107に入射した光ビーム3は、ホログラムレンズ107により回折される。（ホログラムレンズ107による回折を受けなかった）0次回折光61は、対物レンズ4により、基板厚さ t_2 が薄い情報記録媒体51の記録面38aの位置に集光される。一方、+1次回折光64は、対物レンズ4により、基板厚さ t_1 が厚い情報記録媒体5の記録面38bの位置に集光される。情報記録媒体5又は51により反射された光ビームは、それぞれ元の光路を逆に辿り、0次回折光61は、図中実線で示すようにホログラムレンズ107を再び透過する。また、+1次回折光64は、図中点線で示すようにホログラムレンズ107により再び+1次回折光として回折される。0次回折光61及び+1次回折光64は、共に偏光ビームスプリッター42により反射され、収束レンズ121により集光され、シリ

(5)

7

ドリカルレンズ131により波面を変換され、光検出器71に入射する。光検出器71の出力を演算することにより、サーボ信号（フォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号）及び情報信号が得られる。

【0007】すなわち、同一の放射光源2から出射され、異なる2つの焦点（記録面）38a及び38bにより反射されてきた光ビームは、それぞれ光検出器71側の同じ集光点39に集光される。従って、放射光源2の出射点と光検出器71の集光点39は鏡像関係にある。このため、同一のサーボ信号検出手段（図示せず）及び光検出器71を用いて、基板厚さの異なる2種類の情報記録媒体5及び51に対して情報の記録、再生及び消去が可能となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の光ヘッド装置は、0次回折光61と+1次回折光64を利用しているが、周知のようにホログラムでは-1次回折光や+2次回折光も発生する。これらの不要な回折光の振る舞いについて、図22を用いて説明する。なお、上記従来例におけるホログラムレンズ107の格子パターン107aは、図23に示すように等段差及び等段幅の階段状である。図22において実線で示すように、略平面波の光ビーム3が対物レンズ4及びホログラムレンズ107で構成された集光光学系に入射すると、ホログラムレンズ107の格子パターン107aにより回折された+1次回折光64は、厚さt1の基板37を透過して情報記録媒体5の情報記録面上に集光される。情報記録媒体5により反射され、ホログラムレンズ107で回折された復路の+1次回折光64aは、はじめに入射した光ビーム3と同様に略平面波になるので、これを図21に示す光検出器71で受光し、サーボ信号や情報信号が得られる。図22から明らかなように、ホログラムレンズ107は+1次回折光64に対しては、凹レンズ作用を行う。

【0009】ここで、往路の0次回折光61bを考えると、+1次回折光に比べて凹レンズ作用を受けていないので、情報記録媒体5により反射されて返ってきたときには、より発散度合いの小さな波面となっている。ところが、+2次回折光は+1次回折光のほぼ倍の凹レンズ作用を受けるので、この往路の0次回折光61bが、ホログラムレンズ107に入射したときに復路の+2次回折光61cが発生すると、図22において点線で示すように、復路の+2路回折光61cもやはり略平行光になって返ってくる。往路と復路に1倍の凹レンズ作用を受ける場合と、復路にのみ2倍の凹レンズ作用を受ける場合では、若干総合的なレンズ作用が異なる為、復路の+2次回折光61cは多少非平行になる。このため、例えば図21に示すように収束レンズ121とシリンドリカルレンズ131を用いて復路の+1次回折光64aを光検出器71上で最小錯乱円にしたときに、復路の+2次

8

回折光61cはやや大きく広がる。しかし、上記従来の光ヘッド装置及びその集光光学系では、このような不要な回折光の影響を受け、サーボ信号品質を劣化させるおそれがあるという問題点を有していた。

【0010】本発明では上記従来例の問題点を解決するためになされたものであり、ホログラムを構成する格子の位相変調プロファイルを工夫することにより、不要な回折光の光量を低減し、このホログラムを用いて、基板厚さの異なる複数種類の情報記録媒体（光ディスク）上に回折限界まで光ビームを集光することのできる光ヘッド装置及びその集光光学系（対物レンズ）を提供すること、さらに、それらを用いて、より安定して情報の記録、再生及び消去が可能な光ディスク装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1のホログラムは、0次回折光と+1次回折光の回折効率が他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、0次回折光と+1次回折光の回折効率がいずれも30%以上であり、+2次回折光及び-1次回折光のいずれか一方の回折効率が2%以下である。

【0012】上記構成において、+1次回折光に対して凹レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が2%以下であることが好ましい。また、+2次回折光の回折効率が-3次回折光の回折効率より小さいことが好ましい。

【0013】本発明の第2のホログラムは、0次回折光及び+1次回折光の回折効率が他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、+1次回折光に対して凹レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が-1次回折光の回折効率よりも小さい。

【0014】上記第1のホログラムにおいて、+1次回折光に対して凸レンズ作用を有し、0次回折光と+1次回折光の回折効率はいずれも30%以上であり、-1次回折光の回折効率が2%以下であることが好ましい。

【0015】また、-1次回折光の回折効率が+3次回折光の回折効率より小さいことが好ましい。

【0016】本発明の第3のホログラムは、0次回折光及び+1次回折光の回折効率は他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、+1次回折光に対して凸レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が-1次回折光の回折効率よりも小さい。

【0017】上記各構成において、-1次回折光及び+2次回折光のうち、その回折効率が2%以下のものが、他方の回折効率の1/3以下であることが好ましい。

【0018】本発明の第4のホログラムは、+1次回折光の回折効率が50%以上であり、0次の回折効率が15%以上であり、-1次回折光の回折効率が1%以下であり、+1次回折光に対して凸レンズ作用を有する。

【0019】本発明の第5のホログラムは、ホログラム

(6)

9

を構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は少なくとも2つの山を有しており、前記2つの山のうち一方の前記ホログラム上の位置方向における幅が他方の幅よりも狭く、前記光学的位相変調量方向における高さが他方の光学的位相変調量方向の高さも低く、前記光学的位相変調量方向における高さの高い方の山の1つの斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅が前記1周期の略1/2以上であり、前記光学的位相変調量方向における高さの低い方の山の位置方向の幅が前記1周期の略1/3以下である。

【0020】本発明の第6のホログラムは、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された5段の階段状であり、第1段から第4段までは順にその高さが高くなり、第5段は前記第4段よりも高さが低く、前記第1段及び第5段の前記ホログラム上の位置方向の幅が1周期の略1/10である。

【0021】本発明の第7のホログラムは、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は同じ方向に傾斜した連続した第1及び第2の斜面を有しており、前記第2の斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅は1周期の略90%であり、前記第1の斜面の傾斜は前記第2の斜面の傾斜よりも急である。

【0022】本発明の第8のホログラムは、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された4段の階段状であり、第1段から第4段まで順にその高さが高くなり、第1段と第2段の段差及び第3段と第4段の段差はいずれも第2段と第3段の段差よりも大きく、前記第1段と第2段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_2 は略0.35 π であり、前記第2段と第3段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_3 と前記 ϕ_2 の和が略0.98 π である。

【0023】本発明の第9のホログラムは、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された連続する第1、第2及び第

10

3の3つの斜面を有し、第3の斜面の前記ホログラム上の位置方向の幅は1周期の略2/3以上であり、前記第1、第2及び第3の斜面はそれぞれ同じ方向に傾斜し、前記第2の斜面の傾斜は前記第1及び第3の斜面の各傾斜よりも急である。

【0024】本発明の第10のホログラムは、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は同方向に傾斜した2つの不連続な斜面を有し、前記各斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅は、それぞれ1周期の略1/2である。

【0025】本発明の第11のホログラムは、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された4段の階段状であり、第1段と第2段の段差及び第3段と第4段の段差はいずれも第2段と第3段の段差よりも大きく、前記第1段と第2段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_2 は略0.45 π であり、前記第2段と第3段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_3 と前記 ϕ_2 の和が略0.62 π である。

【0026】本発明の第1の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、前記2つの焦点は前記ホログラムレンズによる0次回折光及び+1次回折光の焦点であり、前記ホログラムレンズは上記いずれかのホログラムを含む。

【0027】上記構成において、前記焦点は、それぞれ基板表面から情報記録面までの厚さが異なる複数種類の情報記録媒体の前記情報記録面上に収束するように設計されていることが好ましい。

【0028】本発明の第2の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、前記屈折型レンズは前記ホログラムレンズによる0次回折光を情報記録媒体の基板表面から厚さ t_2 の位置に設けられた第1の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは前記ホログラムレンズ自身により回折される回折光が前記屈折型レンズを通過した後、前記基板表面から前記厚さ t_2 よりも厚い t_1 の位置に設けられた第2の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは上記第1、第2、第5及び第6のいずれかのホログラムを含む。

【0029】本発明の第3の集光光学系は、少なくとも

(7)

11

屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、前記屈折型レンズは前記ホログラムレンズによる0次回折光を情報記録媒体の基板表面から厚さ t_1 の位置に設けられた第1の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは前記ホログラムレンズ自身により回折される回折光が前記屈折型レンズを通過した後、前記基板表面から前記厚さ t_1 よりも薄い t_2 の位置に設けられた第2の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは上記第1、第3、第4、第7から第11のいずれかのホログラムを含む。

【0030】本発明の第4の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、前記2つの焦点はそれぞれ開口数が異なり、前記ホログラムレンズは第1から第11のいずれかのホログラムを含む。

【0031】本発明の第5の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、0次回折光が集光される焦点の開口数が+1次回折光が集光される焦点の開口数よりも大きく、前記ホログラムレンズは上記第1、第2、第5及び第6のいずれかのホログラムを含む。

【0032】上記第5の集光光学系において、前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は上記第1、第2、第5及び第6のいずれかのホログラムであり、+1次回折光の回折効率は内周部よりも外周部の方が小さいことが好ましい。

【0033】または、前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は上記第1、第2、第5及び第6のいずれかのホログラムであり、外周部は格子パターンが形成されていない領域を有することが好ましい。

【0034】さらに、上記構成において、前記ホログラムレンズの格子パターンが形成されていない領域の位相と、格子パターン部の位相の平均値とがほぼ等しいことが好ましい。

【0035】本発明の第6の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、0次回折光が集光される焦点の開口数が+1次回折光が集光される焦点の開口数よりも小さく、前記ホログラムレンズは上記第1、第3、第4、第7から第11のいずれかのホログラムを含む。

12

【0036】上記第6の集光光学系において、前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は請求項1、5～7、9及び12～16のいずれかに記載されたホログラムであり、0次回折光の回折効率は内周部よりも外周部の方が小さいことが好ましい。

【0037】上記第1から第6の集光光学系において、前記屈折型レンズ及び前記ホログラムレンズの相対位置を固定したことが好ましい。また、前記屈折型レンズ表面に前記ホログラムレンズを形成したことが好ましい。

【0038】また、前記屈折型レンズ面のうち、曲率の大きな表面に、前記ホログラムレンズを形成したことが好ましい。

【0039】本発明の光ヘッド装置は、放射光源と、前記放射光源から出射される光ビームを情報記録媒体上へ微小スポットとして収束させる集光光学系と、前記情報記録媒体により反射された光ビームを受け、その光量に応じて電気信号を出力する光検出器を具備し、前記集光光学系は上記第1から第6のいずれかである。

【0040】本発明の光ディスク装置は、情報記録媒体の駆動機構と、上記光ヘッド装置と、前記光ヘッド装置より得られる信号を用いたフォーカスサーボ機構及びトラッキングサーボ機構と、前記サーボ機構を駆動するための制御回路と、電源又は外部電源との接続部とを具備する。

【0041】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態) 本発明の第1の実施形態に係る光ヘッド装置、それを用いた光ディスク装置、光ヘッド装置に適する集光光学系及びその構成部品であるホログラムについて、図1から図6を参照しつつ説明する。図1は第1の実施形態における光ディスク装置及びその光ヘッド装置の構成を示す光路図である。また、図2の(a)及び(b)はそれぞれ、上記光ヘッド装置の集光光学系による基板厚さの異なる2種類の情報記録媒体に対する光ビームの集光状態を示す光路図である。図1に示すように、本発明光ディスク装置及びその光ヘッド装置は、例えば半導体レーザー等の放射光源2と、放射光源2から出射された光ビーム3を平行光束に変換するコリメートレンズ122と、コリメートレンズ122の前方に設けられた補正ホログラム1221と、補正ホログラム1221を透過した光束を透過させ、また情報記録媒体5又は51からの反射光を所定方向に反射する偏光ビームスプリッタ42と、偏光ビームスプリッタ42を透過した光束を円偏光に変換する1/4波長板15と、1/4波長板15を透過した光束を情報記録媒体5又は51の記録面上に集光させるための対物レンズ4及びホログラムレンズ107で構成された集光光学系と、集光光学系を駆動する駆動機構110と、偏光ビームスプリッタ42により反射された情報記録媒体5又は51からの反射

(8)

13

光を光検出器71上に集光する集束レンズ121と、集束レンズ121により集束された光束の波面をフォーカサーボ信号やトラッキングエラー信号を得るために波面変換するシリンドリカルレンズ131等で構成されている。

【0042】情報記録媒体5又は51（光ディスク）は図示しない駆動機構により回転される。光ヘッド装置は、情報記録媒体5又は51の所望のトラックのところまで、光ヘッド装置駆動装置により粗動される。光検出器71は、光ヘッド装置の相対位置関係に対応して、フォーカサーボ信号やトラッキングエラー信号を制御回路（図示せず）に出力する。制御回路はこれらの信号に対応して、光ヘッド装置の駆動機構110へ、集光光学系（対物レンズ4及びホログラムレンズ107）を微動させるための信号を送る。この信号により、光ヘッド装置は、情報記録媒体5又は51に対してフォーカサーボ及びトラッキングサーボを行い、情報記録媒体5又は51に対して、情報の読出し、書込み、消去を行う。

【0043】ホログラムレンズ107は、光ビーム3に対して透明な基板9に形成されている。ホログラムレンズ107の光軸方向から見た形状を図3に、光軸に直交する断面を図4に示す。各図に示すように、格子パターン107aは光軸方向から見ると同心円状であり、ホログラムレンズ107の中心部分の対物レンズ4により決定される開口よりも小さな径の領域にのみ形成されている。また、格子パターン107aの周囲の領域107bには格子パターンは形成されていない。一方、補正ホログラム1221は、図1に示すように、ホログラムレンズ107とは逆に、ホログラムレンズ107の格子パターン107aに対向する部分には格子パターンは形成されておらず、格子パターンのない領域107bに対向する領域に同心円状の格子パターンが形成されている。

【0044】補正ホログラムの目的は、ホログラムレンズを利用することによって、異なる基板の厚みの情報媒体（光ディスク）上に回折限界まで光ビームを集光することのできる光ヘッド装置において、光ビームの外周部の光強度が高くなることの影響を緩和して、より安定な情報信号を得ることのできる光ヘッド装置を構成することである。このため、補正ホログラムが光軸から離れた部分の0次回折率が光軸付近よりも低くなるよう設計されている。

【0045】ホログラムレンズ107の+1次回折光64の回折効率は100%未満であり、光ビーム3の0次回折光（透過光）61についても十分な強度を有するように設計されている。例えばホログラムレンズ107の格子パターン107aを図1に示すような凹凸形状に成形する場合、格子パターン107aの凹凸の高さhを、 $h < \lambda / (n - 1)$ のように設定する。ここで、 λ は光ビーム3の波長、 n は透明基板9の屈折率である。すなわち、格子パターン107aにより光ビーム3に与える

14

位相変化の振幅量を 2π よりも小さくすることにより、ホログラムレンズ107のどの位置においても0次回折光61が十分な強度を有するホログラムレンズ107を実現することができる。同時に、+1次回折光64及び0次回折光61が十分な強度を有することにより、相対的に情報媒体5又は51上に形成される集光ビームのサイドローブを低く抑えることができる。

【0046】ここで、サイドローブについて図5を用いて簡単に説明する。図5は情報記録媒体5、51上での集光スポットの光強度分布を示したものであり、光軸上のメインローブ380が情報の記録及び再生に必要な光量を表す。光軸に対して略対称に現れるサイドローブ380は、高次回折光等による不要な光量であり、記録ビット形状や再生信号を劣化させる原因となる。

【0047】ホログラムレンズ107の格子パターン107aによる0次回折光（透過光）の位相は、格子パターン107aにより与えられる位相変調量の平均値となる。これに対して、格子パターンのない領域107bを透過した光束の位相を、格子パターン107aによる0次回折光とほぼ同じに合わせることにより、対物レンズ4による集光性能を向上させることができる。例えば、ホログラムレンズ107の格子パターン107aをレリーフ型にする場合、図4に示すように、格子パターンのない領域107bの表面の高さを、格子パターン107aの凹凸の平均レベルに合わせる。

【0048】次に、上記光ディスク装置及びその光ヘッド装置の動作について説明する。放射光源2から出射された光ビーム3はコリメートレンズ122により略平行光化され、さらに、補正ホログラム1221及び偏光ビームスプリッター42を透過し、1/4波長板15により円偏光に変換され、ホログラムレンズ107に入射する。ホログラムレンズ107に入射した光ビーム3は、ホログラムレンズ107により回折される。0次回折光61は、対物レンズ4により、基板厚さ t_2 が薄い情報記録媒体51の記録面38aの位置に集光される。一方、+1次回折光64は、対物レンズ4により、基板厚さ t_1 が厚い情報記録媒体5の記録面38bの位置に集光される。情報記録媒体5又は51により反射された光ビームは、それぞれ元の光路を逆に辿り、0次回折光61は、図1中実線で示すようにホログラムレンズ107を再び透過する。また、+1次回折光64は、図中点線で示すようにホログラムレンズ107により再び+1次回折光として回折される。0次回折光61及び+1次回折光64は、共に偏光ビームスプリッター42により反射され、収束レンズ121により集光され、シリンドリカルレンズ131により波面を変換され、光検出器71に入射する。光検出器71の出力を演算することにより、サーボ信号（フォーカサーボ信号とトラッキングエラー信号）及び情報信号を得ることができる。なお、ホログラムレンズ107と対物レンズ4は一体化されて

(9)

15

いることが好ましい。

【0049】最初に光ビーム3がホログラムレンズ107を通過する際、回折を受けずに透過した0次回折光は、情報記録媒体51の記録面38aにより反射され、再び対物レンズ4、ホログラムレンズ107、1/4波長板15、偏光ビームスプリッタ42、集束レンズ121、シリンダリカルレンズ131を透過し、光検出器71の集光点39に集光される。一方、最初に光ビーム3がホログラムレンズ107を光ビーム3が通過する際、回折を受けた+1次回折光64は、情報記録媒体5の記録面38bにより反射され、再び対物レンズ4、ホログラムレンズ107、1/4波長板15、偏光ビームスプリッタ42、集束レンズ121、シリンダリカルレンズ131を透過し、0次回折光61と同じ光検出器71の集光点39に集光される。すなわち、同一の放射光源2から出射され、異なる2つの焦点（記録面）38a及び38bにより反射されてきた光ビームは、それぞれ光検出器71側の同じ集光点39に集光される。従って、放射光源2の出射点と光検出器71の集光点39は鏡像関係にある。このため、基板厚さの異なる2種類の情報記録媒体5及び51に対して、サーボ信号検出手段（図示せず）及び光検出器71も単一のものを共通に用いることができる。

【0050】なお、実際の使用に際し、情報記録媒体は基板厚さの異なる5及び51のいずれか一方のみを用いる。例えば、基板厚さt1の情報記録媒体5が光ディスク装置に装着されている場合、ホログラムレンズ107により回折された+1次回折光64は、対物レンズ4により情報記録媒体5上に集光される。ここで、+1次回折光64は厚さt1の基板を通して回折限界まで絞られるように収差補正が施されている。一方、0次回折光61は対物レンズ4によっては情報記録媒体5上に集光されず、また図1中点線で示すようには反射されない。そのため、0次回折光61の反射光は光検出器71の集光点39には集光されない。逆に、基板厚さt2の情報記録媒体51が光ディスク装置に装着されている場合、ホログラムレンズ107による回折を受けなかった0次回折光61は、対物レンズ4により情報記録媒体51上に集光される。ここで、0次回折光61は厚さt2の基板を通して回折限界まで絞られるように収差補正が施されている。一方、ホログラムレンズ107により回折された+1次回折光64は、対物レンズ4によっては情報記録媒体51上に集光されず、また図1中実線で示すようには反射されない。そのため、+1次回折光64の反射光は光検出器71の集光点39には集光されない。従って、上記本発明の光ディスク装置及びその光ヘッド装置によれば、基板厚さの異なる複数（2種類の）情報記録媒体に対して情報の記録、再生及び消去が可能となる。

【0051】なお、フォーカスサーボ信号の検出方式としては、スポットサイズディテクション法（SSD法：

16

特開平2-185722号公報参照）や、非点収差法、ナイフエッジ法等任意の方法を用いることができる。また、トラッキングエラー信号の検出方式としては、プッシュプル法、ヘテロダイン法、3ビーム法等の任意の方法を用いることができる。

【0052】次に、上記光ディスク装置及びその光ヘッド装置に適するホログラムレンズ107について説明する。このような収差補正作用を有するホログラムレンズ107の設計方法としては、例えば、集光スポット38bから発散する球面波が厚さt1の基板を透過後、対物レンズ4を透過した光ビームと、図1の光ビーム3の位相の正負を反転した光ビームのホログラムレンズ107を形成する面上での干渉パターン（ホログラムレンズの格子パターン107a）を計算すればよい。そして、コンピュータ・ジェネレイティッド・ホログラム（CGH）手法等を用いて容易にホログラムレンズ107を作製することができる。

【0053】一般に、回折格子からは0次回折光及び+1次回折光のみならず、高次の回折光も発生する。上記本発明の光ディスク装置及びその光ヘッド装置では、放射光源2から情報記録媒体5、51に至る往路及び情報記録媒体5、51から光検出器71に至る復路の両方の光路において、暇りビーム61、64がホログラムレンズ107を2度通る。そのため、光検出器71に光ビーム61、64が到達するまでに、回折が2度生じる。また、情報記録媒体5又は51の基板厚さに応じて、2回とも0次の回折をした（すなわち2回とも回折しなかった）光ビーム61又は2回とも+1次の回折をした光ビーム64を光検出器71で受光し、サーボ信号を得ている。一方、上記の2種の回折光とほぼ同じ回折効果を総合的に受け、光検出器71上の集光点39とほぼ同じ位置にほぼ同じ大きさで入射する高次回折光がサーボ信号に悪影響を与える可能性が高い。以下に、信号に悪影響を与える可能性が高い回折光について検討する。

【0054】2回とも0次の回折をした（すなわち2回とも回折しなかった）光ビーム61を用いて信号を再生する場合に悪影響を与える可能性の高い回折光は、往路と復路の回折次数の和が0のもの、すなわち、Nを整数として、往路のN次回折光であって、かつ復路の-N次回折光である。ここで、光の利用効率を良くするために0次と+1次の回折効率を高く設計することを前提とすると、不要な回折光の内、往路と復路の光利用効率の積が比較的高くなる可能性のあるものは、往路の+1次回折光で、かつ復路の-1次回折光、及び往路の-1次回折光で、かつ復路の+1次回折光の2種の回折光である。従って、このような不要な回折光の影響を低減するためには-1次回折光の回折効率を低減する必要がある。

【0055】同様に、2回とも+1次の回折をした光ビームを用いて信号を再生する場合に悪影響を与える可能

(10)

17

性の高い回折光は、往路と復路の回折次数の和が+2のもの、すなわち、Nを整数として、往路のN次回折光であって、かつ復路の(2-N)次回折光である。ここで、光の利用効率を良くするために0次と+1次の回折効率を高く設計することを前提とすると、不要な回折光のなかで往路と復路の光利用効率の積が比較的高くなる可能性のあるものは、往路の0次回折光で、かつ復路の+2次回折光、及び往路の+2次回折光で、かつ復路の0次回折光の2種の回折光である。従って、このような不要な回折光の影響を低減するためには+2次回折光の回折効率を低減する必要がある。

【0056】上記理由により、高次回折光のうち-1次回折光と+2次回折光を低減することが望ましいことがわかる。以下、n次回折光の回折効率をE(n)と表記する。+2次回折光の回折効率E(+2)と-1次回折光の回折効率E(-1)を同時に0にすることが最も望ましい。しかし、E(+2)とE(-1)を同時に0にすることができない場合に、これらを低減するにあたっての指針について次に説明する。

【0057】例えば、+1次回折光を用いて基板厚さの厚い情報記録媒体5の再生を行い、0次回折光を用いて基板厚さの薄い情報記録媒体51の再生を行う場合は、*

$$S(0) = a + b \times (E(0))^2$$

【0060】これに対して、往路が-1次回折光で、かつ復路が+1次回折光は内周部のみで発生するので、その割合N(-1)は以下の式(2)で表される。なお、往路が+1次回折光で、かつ、復路が-1次回折光の場合※

$$N(-1) = b \times E(-1) \times E(+1) \quad \dots (2)$$

【0062】不要な-1次回折光による影響の大きさR(-1)は、以下の式(3)で表される。

$$R(-1) = N(-1) / S(0) \quad \dots (3)$$

【0064】基板厚さの厚い情報記録媒体5を再生する場合、信号光はホログラムレンズ107の内周部の格子パターン107a部のみで発生するので、ホログラムレンズ107への入射光の内、ホログラムレンズ107を☆

$$S(+1) = b \times (E(+1))^2 \quad \dots (4)$$

【0066】これに対して、往路が0次回折光で、かつ復路が+2次回折光の割合N(+2)は、以下の式(5)で表される。往路が+2次回折光で、かつ復路が◆

$$N(+2) = b \times E(0) \times E(+2) \quad \dots (5)$$

【0068】不要な+2次回折光による影響の大きさR(+2)は、以下の式(6)で表される。

$$R(+2) = N(+2) / S(+1) \quad \dots (6)$$

【0070】-1次回折光による影響の大きさR(-1)と+2次回折光による影響の大きさR(+2)はどちらも低減する必要があるので、これらを同時に0にすることが望ましい。しかし、それができない場合は、R(-1)とR(+2)をほぼ等しくすることにより、一方が特に大きくなることによる問題点を避けることができる。そして、上記式(1)と式(4)を比較すればわ

18

* 基板厚さの厚い情報記録媒体5に対しては集光光学系の開口数(NA)を小さくする方が望ましい。そのため、例えば、図2に示すようにホログラムレンズ107の有効径のうち内周部にのみ、基板厚さの厚い情報記録媒体5上で集光スポットを形成するための格子パターン107aを形成し、外周部の領域107bは図2に示すように格子パターンをなくするか、又は外周部には内周部の+1次回折光とは異なる位置に光が回折するような格子パターンを形成して0次回折光の光量分布を補正する。

10 【0058】この時、情報記録媒体5、51の反射率を100%と仮定し、ホログラムレンズ107の有効径内への入射光量を1、外周部の格子パターンのない領域107bへの入射光量(外周部へも格子パターンを作製する場合には0次回折効率の2乗を乗ずる)をa、内周部の格子パターン107aへの入射光量をbとして、ホログラムレンズ107への入射光の内、ホログラムレンズ107を往復2回通過して光検出器71へと至る信号光の割合S(0)は、薄いディスクを再生する場合、以下の式(1)で表される。

20 【0059】

【数1】

... (1)

※合の割合も同様である。

【0061】

【数2】

★【0063】

★30 【数3】

☆往復2回通過して光検出器71へと至る信号光の割合S(+1)は、以下の式(4)で表される。

【0065】

【数4】

... (4)

◆0次回折光の場合の割合も同様である。

【0067】

【数5】

*【0069】

【数6】

... (6)

かるように、厚いディスクを再生する場合の信号光の方が信号強度が小さくなりやすい。そのため、+1次回折光を用いて厚いディスクの再生を行い、0次回折光を用いて薄いディスクの再生を行う場合は、特に+2次回折光の回折効率を低減する必要がある。

【0071】次に、ホログラムレンズ107の格子パターン107aの具体的形状について検討するが、最初に

50

(11)

19

参考例として、図6(a)に周知の鋸歯状回折格子の形状を示す。また、この従来の鋸歯状回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを図6(b)に示す。図6(b)において、回折効率 $E(-3) \sim E(+3)$ の縦軸を左側に、不要な回折光の影響 $R(+2)$ 及び $R(-1)$ の縦軸を右側に示す。横軸は、山と谷の差が光に与える位相変調量 ϕ である。なお、不要な回折光による影響の大きさ $R(J)$ とは、 J 次の不要な回折に起因する不要光の光検出器71上における信号光に対する割合をいう。また、回折次数の正負は、図6(a)に示すように、1次回折光の強い方を+1次と定義する(以下同様)。

【0072】図6(a)は、周知の鋸歯状回折格子の形状(ブレード)を光の位相変調量 ϕ として表したものである。図6(a)において、横軸は回折格子の一周期 p で規格化したホログラム上の位置を示す。正確には、横軸は回折格子を格子ベクトル方向に進む波ととらえた場合の位相である。換言すれば、0次回折光と+1次回折光の位相差を 2π で規格化したもの、又は回折格子を2光束干渉法で設計又は作成する場合の参照光と物体光の位相差を 2π で規格化した値ともいえる。従って、回折格子の周期 p が場所によって異なる場合(チャーピングしている場合)、実物の距離としては横軸の0から0.1と0.1から0.2が異なる場合も有り得る。簡単のため、本明細書中では光の位相変調量の図の横軸を単にホログラム上の位置と呼ぶ。

【0073】光ディスク装置が読みとり専用のいわゆるROMディスクの再生だけを目的とする場合、情報記録媒体(光ディスク)の基板厚さにかかわらず、反射率が同じ程度になる。そのため、0次回折光と+1次回折光の回折効率をほぼ同じに設計し、0次回折光の回折効率 $E(0)$ と+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ を共に30%以上、望ましくは35%以上にする。このとき、図6(b)からわかるように、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ と+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ は共に4%程度である。その結果、特に+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ が大きく、11.3%になる。ここで、我々の実験によれば、不要回折光が再生信号に及ぼす悪影響を無視できるのは+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ が共に7%以下の場合である。製造誤差を考慮すると、望ましくはこれらを5%以下に設計することが望ましい。従って、周知の鋸歯状回折格子を用いると不要回折光により、再生信号(例えばフォーカスエラー信号)の品質が劣化する恐れがある。

【0074】さらに、基板厚さの薄い情報記録媒体に対して情報の記録及び再生を行う場合、又は反射率の低い情報記録媒体の再生を行う場合、記録パワーを確保するため、又は再生信号パワーを確保するために、0次の回折効率 $E(0)$ をより大きくすることが望ましい。しか

20

し、この時、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ が減るため、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ はより増大する。従って、不要な+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ がより深刻になる恐れがある。

【0075】次に、図7(a)に点線で示した従来の4段の等段差、かつ等段幅の回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを図7(b)に示す。図7(b)において、回折効率 $E(-3) \sim E(+3)$ の縦軸を左側に、不要な回折光の影響 $R(+2)$ 及び $R(-1)$ の縦軸を右側に示す。横軸は、階段(等段差)の一段当たりの段差が光に与える位相変調量 ϕ_0 を示す。基板厚さの薄い情報記録媒体に対しては、記録密度を高くするために開口数(NA)を0.6程度で、また、基板厚さの厚い情報記録媒体に対しては、情報記録媒体(ディスク)の傾きの許容度を確保するために開口数(NA)を0.4程度で再生する場合について、式(1)から式(6)に従って-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ と+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ を計算している。

【0076】一般に、情報記録媒体が読みとり専用のいわゆるROMディスクである場合、基板厚さにかかわらず情報記録媒体の反射率が同じ程度になるので、0次回折光と+1次回折光の回折効率をほぼ同じ程度に設計する。このとき、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ が8%程度あり、等段差で、かつ等段幅の4段の階段状回折格子を用いると、不要回折光により再生信号(例えばフォーカスエラー信号)の品質が劣化する恐れがある。ただし、図6(a)に示した鋸歯状回折格子の場合よりは $R(+2)$ がやや少ないので、例えば図7(a)に示す4段の階段状ブレードの場合の方が、周知の鋸歯状ブレードよりも望ましい。

【0077】ここで、4段の階段状ブレードに場合の方が $R(+2)$ が減っている理由を考察すると、鋸歯状ブレードの場合よりも-3次回折光の回折効率 $E(-3)$ が増えて、逆に+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ が3%程度に減っていることがわかる。従って、-3次回折光の回折効率 $E(-3)$ を大きくして、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ の光量を移して減らすことが設計の方向として望ましい。少なくとも、 $E(-3)$ を $E(+2)$ より大きくすることが好ましい。しかし、図7(a)に示す4段の階段状の形状であっても、基板厚さの薄い情報記録媒体の記録再生を行う場合、又は反射率の低い情報記録媒体の再生を行う場合には、0次回折光の回折効率 $E(0)$ をより大きくすることが望ましいので、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ が減り、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ がより増大する。従って、この場合も、やはり不要な+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ がより深刻になる恐れがある。

上記考察に基づいて、本発明の光ディスク装置及びその光ヘッド装置に適する集光光学系及びホログラムの具体

(12)

21

的实施形態を以下に説明する。

【0078】(第2の実施形態) -3次回折光の回折効率 $E(-3)$ をより大きくし、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を減らすことをより一層進めた第2の実施形態について、図8(a)及び(b)を参照しつつ説明する。

【0079】図8(a)はホログラム上の位置(格子ベクトルに沿った方向)と光束に与える位相変調量の関係を、回折格子の一周期当たりで示したものである。図6(a)との違いは、位置対位相変調量の形が1周期当たり2つの山M1及びM2を形成していることである。また、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ が等しくなるときの最も高い山M2と最も低い谷V1の差 ϕ が、図6(a)に示す場合よりも大きくなり、約 1.3π (光路差では 0.65λ 、 λ は波長)である。

【0080】回折格子の1周期は連続する第1~第4の斜面S1~S4で構成され、第1及び第3の斜面S1及びS3が登り(+1次回折光の回折方向を右側として、右上がり)で、第2及び第4の斜面S2及びS4が下り(右下がり)である。第1及び第4の斜面S1及びS4の傾斜は第2及び第3の斜面S2及びS3の傾斜よりも急である。各斜面S1~S4の横軸方向に占める幅に関しては、第1の斜面及び第2の斜面の幅がほぼ等しく、最も狭い。第4の斜面S4の幅は次に狭く、第3の斜面の幅が最も広い。各山の頂点M1及びM2と、谷の底V1及びV2を(位置、位相)で表すと、各点の座標は、V1(0, 0)、M1(0.1, 0.61 π)、V2(0.2, 0.54 π)、M2(0.8, 1.3 π)となる。このような形状の回折格子は、ダイヤモンドバイトを用いて金型を切削しこれを転写することにより製作可能である。従って、屈折型対物レンズの曲面上にホログラムを直接形成する場合などに望ましい形状である。なお、左から2番目の斜面S2は右下がりではなく、ほぼ水平であっても同様に不要な回折光を顕著に抑制することができる。

【0081】各次数の回折光の回折効率は図8(b)のようになる。+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ がほぼ等しいとき、-3次回折光の回折効率 $E(-3)$ が-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ 及び+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ よりも大きくなっており、その分+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を減らして2%以下にすることができ、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ を3.2%という十分に小さな値にすることができる。

【0082】ここで、基板厚さの厚い情報記録媒体を+1次回折光を用いて再生する場合において、回折効率の設計指針の第2のポイントは、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ よりも、特に基板厚さの厚い情報記録媒体を再生する時に問題となる+2次回折光の回折効率 $E(+2)$

22

2)を低くすることである。基板厚さの薄い情報記録媒体を再生する場合の開口数(NA)を0.6程度とし、基板厚さの厚い情報記録媒体を再生するときの開口数を0.4程度とする場合、本実施形態のように、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ の1/3以下にすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ と-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ を共に小さく抑えることができ、再生信号の品質を確保することができる。

【0083】(第3の実施形態)次に、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を2%以下に減らすための第3の実施形態について、図9(a)及び(b)を参照しつつ説明する。図9(a)は、ホログラム上の位置(格子ベクトルに沿った方向)と光束に与える位相変調量の関係を、回折格子の一周期当たりで示したものである。図9(a)に示す位置対位相変調量の形は図7(a)に示す場合と同様に階段状であるが、図7(a)に示す場合とでは、各階段の幅がそれぞれ異なっており、さらに、一方向に上だけでなく、下る段も含まれる点が異なる。

【0084】図9(a)に示す本実施形態の場合、回折格子の1周期は5段の階段状であり、第1階段F1から第4段F4までは順に高さが高くなり、最後の第5段F5の高さは第3段F3の高さとほぼ同じであり、第4段F4の高さよりも低い。また、各段F1~F5の幅W1~W5は、左から右に順に0.1、0.23、0.31、0.26、0.1の割合である。+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ が等しくなるときの一段当たりの段差 ϕ は、図7(a)に示す場合よりも大きくなり、約 0.33π (光路差では 0.17λ 、 λ は波長)である。回折効率は、図9

(b)に示すようになる。+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ がほぼ等しいとき、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を2%以下に減らすことができる。その結果、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ を3.1%、-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ を5%という十分に小さな値にすることができる。-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ の方が+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ よりも大きい、これは、作製誤差に対する増大のしやすさを考慮すると望ましいバランスである。回折格子のピッチが $100\mu\text{m}$ 以上である場合のように作製誤差の制限をあまり受けない場合、図9(a)の横軸の0.9から1.0迄の部分の幅を少し狭めることにより、-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ をより小さくすることができる。本実施形態も、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ の1/3以下にすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ を共に小さく抑えることができ、再生信号の品質を確保することができる。

(13)

23

【0085】(第4の実施形態)次に、ホログラムレンズを凸レンズ型に設計した第4の実施形態を、図10(a)及び(b)を参照しつつ説明する。図10(a)は、+1次回折効を基板厚さ t_2 の薄い情報記録媒体51に対して集光する場合を示し、図10(b)は0次光を基板厚さ t_1 の厚い($t_1 > t_2$)情報記録媒体51に対して集光する場合を示す。

【0086】ホログラムレンズ109の外周部の+1次回折光の回折効率をほぼ100%になるように設計し、内周部の回折効率を100%より小さくすることにより、基板厚さ t_1 の厚い情報記録媒体5に対する開口数NAを小さくすることができる。この構成では、屈折型の対物レンズ4とホログラムレンズ109では、波長の変化に対する光線の屈曲方向変化の方向(広義の分散値)が反対方向であるので、基板厚さ t_2 の薄い情報記録媒体51に対して、色収差が低減される、あるいは、発生しなくなるという効果を有する。特に、基板厚さ t_1

$$S'(1) = a + b \times (E(1))^2 \quad \dots (7)$$

【0089】これに対して、往路が0次回折光で、かつ復路が+2次回折光となる場合は、ホログラムレンズ109の内周部のみで発生し、その割合 $N'(+2)$ は以下の式(8)で表される。往路が+2次回折光で、かつ

$$N'(+2) = b \times E(0) \times E(+2) \quad \dots (8)$$

【0091】不要な+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ は、以下の式(9)で表される。

$$R'(+2) = N'(+2) / S'(+1) \quad \dots (9)$$

【0093】基板厚さ t_1 の厚い情報記録媒体5を再生する場合、信号光はホログラムレンズ109の内周部のみで発生するので、ホログラムレンズ109への入射光の内、ホログラムレンズを往復2回通過して光検出器へ

$$S'(0) = b \times (E(0))^2 \quad \dots (10)$$

【0095】これに対して、往路が+1次回折光で、かつ復路が-1次回折光の割合 $N'(-1)$ は、以下の式(11)で表される。往路が-1次回折光で、かつ復路

$$N'(-1) = b \times E(+1) \times E(-1) \quad \dots (11)$$

【0097】不要な-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ は、以下の式(12)で表される。

$$R'(-1) = N'(-1) / S'(0) \quad \dots (12)$$

【0099】-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ と+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ はどちらも低減する必要があるため、これらを同時に0にすることが望ましい。しかし、それができない場合は、 $R'(-1)$ と $R'(+2)$ をほぼ等しくすることにより、一方が特に大きくなることによる問題点を避けることができる。そして、式(7)と式(10)を比較すればわかるように、基板厚さ t_1 の厚い情報記録媒体5を再生する場合の信号光の方が信号強度が小さくなりやすい。そのため、0次回折光を用いて基板厚さ t_1 の厚い情報記録媒体5の再生を行い、+1次回折光を用いて基板厚さ t_2 の薄い情報記録媒体51の再生を行う場合、

24

*2の薄い情報記録媒体51に対して記録再生を行う場合、記録と再生の切り替え時に光源(特に半導体レーザーの場合)の出力を切り替えるのに伴って波長が変化するので、色収差(特に焦点位置の移動)を低減させることは重要である。

【0087】上記構成において、ホログラムレンズ109の有効径内への入射光量を1、外周部への入射光量を a 、内周部への入射光量を b とし、情報記録媒体51の反射率を100%と仮定して、ホログラムレンズ109への入射光の内、ホログラムレンズ109を往復2回通過して光検出器(例えば、図1の光検出器71)へ至る信号光の割合 $S'(1)$ は、基板厚さ t_2 の薄い情報記録媒体51を再生する場合、以下の式(7)で表される。

【0088】

【数7】

※復路が0次回折光となる場合の割合も同様である。

【0090】

【数8】

★【0092】

★【数9】

☆と至る信号光の割合 $S'(0)$ は、以下の式(10)で表される。

【0094】

★【数10】

◆が+1次回折光の場合の割合も同様である。

【0096】

◆【数11】

*【0098】

*【数12】

特に-1次回折光の回折効率を低減する必要がある。

【0100】第1の実施形態の場合と同様に、図11(a)に示す周知の鋸歯状回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを図11(b)に示す。図11(b)において、回折効率 $E(-3) \sim E(+3)$ の縦軸を左側に、不要な回折光の影響 $R'(+2)$ 及び $R'(-1)$ の縦軸を右側に示す。横軸は、山と谷の差が光に与える位相変調量 ϕ である。また、回折次数の正負は、図11(a)に示すように、1次回折光の強い方を+1次と定義する(以下同様)。回折効率 $E(-3) \sim E(+3)$ は図6(b)の場合と同じであるが、図11(b)の $R'(+2)$ 及び $R'(-1)$

(14)

25

1) は図6 (b) の $R(+2)$ 及び $R(-1)$ とは異なる。

【0101】光ディスク装置が読みとり専用のいわゆるROMディスクの再生だけを目的とする場合、情報記録媒体(光ディスク)の基板厚さにかかわらず、反射率が同じ程度になる。そのため、0次回折光と+1次回折光の回折効率をほぼ同じに設計する。このとき、図11

(b) からわかるように、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ と+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ は共に4%程度である。その結果、特に+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ が大きく、11.3%になる。ここで、我々の実験によれば、不要回折光が再生信号に及ぼす悪影響を無視できるのは+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ が共に7%以下の場合である。製造誤差を考慮すると、望ましくはこれらを5%以下に設計することが望ましい。従って、周知の鋸歯状回折格子を用いると不要回折光により、再生信号(例えばフォーカスエラ信号)の品質が劣化する恐れがある。

【0102】さらに、基板厚さの薄い情報記録媒体に対して情報の記録及び再生を行う場合、又は反射率の低い情報記録媒体の再生を行う場合、記録パワーを確保するため、又は再生信号パワーを確保するために、+1次の回折効率 $E(1)$ をより大きくすることが望ましい。しかし、この時、0次回折光の回折効率 $E(0)$ が減るため、-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ はより増大する。従って、不要な-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ がより深刻になる恐れがある。

【0103】次に、図12 (a) に示す従来の4段の等段差、かつ等段幅の回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを図12 (b) に示す。図12 (b) において、回折効率 $E(-3) \sim E(+3)$ の縦軸を左側に、不要な回折光の影響 $R'(+2)$ 及び $R'(-1)$ の縦軸を右側に示す。横軸は、階段(等段差)の一段当たりの段差が光に与える位相変調量 ϕ_0 を示す。図12 (b) において、回折効率 $E(-3) \sim E(+3)$ は図7 (b) に示す場合と同じであるが、 $R'(+2)$ 及び $R'(-1)$ は図7 (b) に示す $R(+2)$ 及び $R(-1)$ とは異なる。基板厚さの薄い情報記録媒体に対しては、記録密度を高くするために開口数(NA)を0.6程度で、また、基板厚さの厚い情報記録媒体に対しては、情報記録媒体(ディスク)の傾きの許容度を確保するために開口数(NA)を0.4程度で再生する場合について、式(7)から式(12)に従って-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ と+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ を計算している。

【0104】(第5の実施形態) 一般に、情報記録媒体が読みとり専用のいわゆるROMディスクである場合、基板厚さにかかわらず情報記録媒体の反射率が同じ程度

26

になるので、0次回折光と+1次回折光の回折効率をほぼ同じ程度に設計する。このとき、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ が12%程度あり、等段差で、かつ等段幅の4段の階段状回折格子を用いると、不要回折光により再生信号(例えばフォーカスエラ信号)の品質が劣化する恐れがある。この問題点を解決するのに適する第5の実施形態を、図13 (a) 及び (b) を参照しつつ説明する。

【0105】図13 (a) はホログラム上の位置(格子ベクトルに沿った方向)と光束に与える位相変調量の関係を、回折格子の一周期当たりで示したものである。図11 (a) との違いは、位置対位相変調量の形が1周期当たり第1の斜面 $S11$ 及び第2の斜面 $S12$ の連続する2つの斜面で形成されていることである。また、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ が等しくなる時の山 $M12$ と谷 $V11$ の差 ϕ が、図11 (a) に示す場合よりも大きくなり、約 1.3π (光路差では 0.65λ 、 λ は波長) である。第1及び第2の斜面 $S11$ 及び $S12$ は、いずれも同じ方向の斜面であり、+1次回折光の回折方向を右側として、右上がりである。第1の斜面 $S11$ の傾斜は第2の斜面 $S12$ の傾斜よりも急であり、第1の斜面 $S11$ の横軸方向に占める幅は第2の斜面 $S12$ の幅よりも狭い。山の頂点 $M11$ 及び $M12$ と、谷の底 $V11$ をそれぞれ(位置、位相)で表すと、各点の座標は、 $V11(0, 0)$ 、 $M11(0.1, 0.6\pi)$ 、 $M12(1.0, 1.4\pi)$ である。このような形状の回折格子は、ダイヤモンドバイトを用いて金型を切削しこれを転写することにより製作可能である。従って、屈折型対物レンズの曲面上にホログラムを直接形成する場合などに望ましい形状である。

【0106】各次数の回折光の回折効率は図13 (b) のようになる。+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ がほぼ等しいとき、+3次回折光の回折効率 $E(+3)$ が-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ よりも大きくなっており、その分-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ は減り、-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ 及び+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ を5.2%に抑制することができる。

【0107】ここで、基板厚さの厚い情報記録媒体を+1次回折光を用いて再生する場合において、回折効率の設計指針のポイントは、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ よりも、特に基板厚さの厚い情報記録媒体を再生する時に問題となる-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ を低くすること、及び+3次回折光の回折効率 $E(+3)$ を-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ よりも大きく設計することである。基板厚さの薄い情報記録媒体を再生する場合の開口数(NA)を0.6程度とし、基板厚さの厚い情報記録媒体を再生するときの開口数を0.4程度

(15)

27

とする場合、本実施形態のように、 -1 次回折光の回折効率 $E(-1)$ を $+2$ 次回折光の回折効率 $E(+2)$ の $1/3$ 以下にすることにより、 $+2$ 次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ と -1 次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができ、再生信号の品質を確保することができる。

【0108】(第6の実施形態) 光ディスク装置が、基板厚さの異なる複数種類(2種類)の読みとり専用のいわゆるROMディスクの再生だけを目的とする場合の第6の実施形態を、図14(a)及び(b)を参照しつつ説明する。図14(a)は、ホログラム上の位置(格子ベクトルに沿った方向)と光束に与える位相変調量の関係を、回折格子の一周周期当たりで示したものである。図14(a)に示す位置対位相変調量の形は図12(a)に示す場合と同様に階段状であるが、図12(a)に示す場合とでは、各階段間の段さがそれぞれ異なっている。

【0109】図14(a)に示すように、各階段 $F11 \sim F14$ のそれぞれの段差により光に与える位相変調量が順に、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 、 $\phi 2$ となっている。例えば、図24に示す手順を用いてホログラムを作製すると、1回目のエッチングの深さにより $\phi 2 + \phi 3$ が決まり、2回目のエッチング深さにより $\phi 2$ が決まる。そこで、 $\phi 1 = \phi 2 + \phi 3$ と定義し、 $\phi 2 = 0.35\pi$ のときに $\phi 1$ を変えて回折効率を計算した。その結果を図14(b)に示す。

【0110】図14(b)において、 $+1$ 次回折光の回折効率 $E(+1)$ と 0 次回折光の回折効率 $E(0)$ が等しくなるときの段差により光に与える位相変調量 $\phi 1$ は 0.98π (光路差では 0.49λ 、 λ は波長)である。 $E(+1)$ と $E(0)$ がほぼ等しいとき、 -1 次回折光の回折効率 $E(-1)$ が2%以下に減り、 $+2$ 次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ を4.1%、 -1 次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を6%という小さな値にすることができる。本実施形態において、 -1 次回折光の回折効率 $E(-1)$ を $+2$ 次回折光の回折効率 $E(+2)$ のほぼ $1/3$ 以下にすることにより、 $+2$ 次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び -1 次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができ、再生信号の品質を確保することができるという効果を有する。

【0111】(第7の実施形態) 次に、光ディスク装置が、基板厚さの厚い情報記録媒体の再生のみを行い、基板厚さの薄い情報記録媒体に対して情報の記録及び再生を行うことを目的とする第7の実施形態を、図15

(a)及び(b)を参照しつつ説明する。図15(a)は、ホログラム上の位置(格子ベクトルに沿った方向)と光束に与える位相変調量の関係を、回折格子の一周周期当たりで示したものである。図15(a)に示す位置対位相変調量の形は、3つの斜面により形成されている点

28

において、図13(a)に示す場合と異なっている。

【0112】基板厚さの薄い情報記録媒体に対して $+1$ 次回折光を用いて記録再生を行うためには、光量を多くする必要があり、 $+1$ 次回折光の回折効率 $E(+1)$ を50%以上、望ましくは55%以上にし、かつ、 0 次回折光の回折効率 $E(0)$ も再生信号の信号対電氣的雑音の比を高くするため、15%以上、望ましくは20%以上にしなければならない。 $E(+1)$ を60%としたときの最も高い山 $M22$ と最も低い谷 $V21$ の差 ϕ は、約 1.58π (光路差では 0.79λ 、 λ は波長)である。第1から第3の斜面 $S21 \sim S23$ はそれぞれ連続し、同方向に傾斜している。 $+1$ 次回折光の回折方向を右側として、各斜面は右上がりである。第2の斜面 $S22$ の傾斜は第1の斜面 $S21$ の傾斜よりも急であり、第3の斜面 $S23$ の傾斜は第2の斜面 $S22$ の傾斜よりも緩やかである。また、第2の斜面 $S22$ の横軸方向に占める幅は第1の斜面 $S21$ の幅とほぼ同じであるが、第3の斜面 $S23$ の幅は第1及び第2の斜面 $S21$ 及び $S22$ の幅よりも広い。山の頂点 $M21$ 及び $M22$ と、谷の底 $V21$ 及び $V22$ をそれぞれ(位置、位相)で表すと、各点の座標は、 $V21(0, 0)$ 、 $V22(0.1, 0.22\pi)$ 、 $M21(0.18, 0.74\pi)$ 、 $M22(1.0, 1.58\pi)$ である。このような形状の回折格子は、ダイヤモンドバイトを用いて金型を切削しこれを転写することにより製作可能である。従って、屈折型対物レンズの曲面上にホログラムを直接形成する場合などに望ましい形状である。

【0113】各次数の回折光の回折効率は図15(b)のようになる。 $+1$ 次回折光の回折効率 $E(+1)$ が60%のとき、 0 次回折光の回折効率 $E(0)$ は約23%であり、十分な回折効率を得られることがわかる。本実施形態の場合、 $+1$ 次回折光の回折効率 $E(+1)$ を 0 次回折光の回折効率 $E(0)$ に比べて明らかに大きくしているため、 $+2$ 次回折光の回折効率 $E(+2)$ は10%程度あっても特に問題にならない。しかしながら、 -1 次回折光の回折効率 $E(-1)$ が1%以下になるように設計する必要がある。 -1 次回折光の回折効率 $E(-1)$ を $+2$ 次回折光の回折効率 $E(+2)$ の $1/10$ 以下にすることが好ましい。その結果、 $+2$ 次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び -1 次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができ、再生信号の品質を確保することができる。

【0114】(第8の実施形態) 同様に、光ディスク装置が、基板厚さの厚い情報記録媒体の再生のみを行い、基板厚さの薄い情報記録媒体に対して情報の記録及び再生を行うことを目的とする第8の実施形態を、図16

(a)及び(b)を参照しつつ説明する。図16(a)は、ホログラム上の位置(格子ベクトルに沿った方向)と光束に与える位相変調量の関係を、回折格子の一周周期当たりで示したものである。図16(a)に示す位置対

(16)

29

位相変調量の形は、不連続な2つの斜面（垂直な部分は位相が不連続に変化していることを表している）により形成されている点において、図11(a)に示す場合と異なっている。

【0115】基板厚さの薄い情報記録媒体に対して+1次回折光を用いて記録再生を行うためには、光量を多くする必要があり、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ を50%以上、望ましくは55%以上にし、かつ、0次回折光の回折効率 $E(0)$ も再生信号の信号対電氣的雑音の比を高くするため、15%以上、望ましくは20%以上にする必要がある。 $E(+1)$ を60%としたときの最も高い山M32と最も低い谷V31の差($\phi 1 + \phi 2$)は、約 1.38π （光路差では 0.69λ 、 λ は波長）である。斜面S31及びS32は、共に同じ方向で傾きもほぼ同じであるが、谷V32において位相が $\phi 2$ だけシフトしている。+1次回折光の回折方向を右側として、斜面S31及びS32はそれぞれ右上がりである。横軸方向に占める幅は同じである。山の頂点M31及びV32と、谷の底V31及びV32を（位置、位相）で表すと、各点の座標は、V31(0, 0)、M31(0.5, 0.84π)、V32(0.5, 0.54π)、M32(1.0, 1.38π)となる。このような形状の回折格子は、やはりダイヤモンドバイトを用いて金型を切削しこれを転写することにより製作可能である。従って、屈折型対物レンズの曲面上にホログラムを直接形成する場合などに望ましい形状である。

【0116】各次数の回折光の回折効率は図16(b)のようになる。図16(b)は、低い方の山M31の高さを $\phi 1$ とし、山M31から不連続に下がった谷V32の位相を $\phi 2$ として、 $\phi 1 = 1.56 \times \phi 2$ の関係にあるとき、横軸 $\phi 2$ に対する各回折光の回折効率及び不要な回折光による影響を示す。+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ が55%のとき、0次回折光の回折効率 $E(0)$ は約23%である。本実施形態の場合も上記第7の実施形態の場合と同様に、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ を0次回折光の回折効率 $E(0)$ に比べて明らかに大きくしているので、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ は10%程度あっても特に問題にならない。しかしながら、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ が1%以下になるように設計する必要がある。-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ を+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ の $1/10$ 以下にすることが好ましい。その結果、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができ、再生信号の品質を確保することができる。

【0117】（第9の実施形態）さらに、光ディスク装置が、基板厚さの薄い情報記録媒体の再生のみを行い、基板厚さの薄い情報記録媒体に対して情報の記録及び再生を行うことを目的とする第9の実施形態を、図17

30

(a)及び(b)を参照しつつ説明する。図17(a)は、ホログラム上の位置（格子ベクトルに沿った方向）と光束に与える位相変調量の関係を、回折格子の一周周期当たりで示したものである。図17(a)に示す位置対位相変調量の形は図12(a)に示す場合と同様に階段状であるが、図12(a)に示す場合とでは、各階段間の段差がそれぞれ異なっている。

【0118】図17(a)に示すように、各階段F21～F24のそれぞれの段差が順に、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 、 $\phi 2$ となっている。例えば、図24に示す手順を用いてホログラムを作製すると、1回目のエッチングの深さにより $\phi 2 + \phi 3$ が決まり、2回目のエッチング深さにより $\phi 2$ が決まる。そこで、 $\phi 1 = \phi 2 + \phi 3$ と定義し、 $\phi 2 = 0.45\pi$ のときに $\phi 1$ を変えて回折効率を計算した。その結果を図17(b)に示す。+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ が55%のとき、0次回折光の回折効率 $E(0)$ は約20%である。段差 $\phi 1$ は 0.62π （光路差では 0.31λ 、 λ は波長）である。

【0119】本実施形態においても、上記第7又は第8の実施形態の場合と同様に、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ を0次回折光の回折効率 $E(0)$ に比べて明らかに大きくしているので、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ は10%程度あっても特に問題にならない。しかしながら、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ が1%以下になるように設計する必要がある。-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ を+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ の $1/10$ 以下にすることが好ましい。その結果、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができ、再生信号の品質を確保することができる。本実施形態のような階段状の回折格子は、図24に例示したようなフォトリソグラフィを用いた工程で容易に作製できるので、図1や図10に例示したように、平板上にホログラムレンズを作製し、屈折型レンズと組み合わせる場合等に便利である。

【0120】（第10の実施形態）上記各実施形態では、ホログラムの一周周期あたりの位相変調量の形を例示してきたが、「ホログラム上の位置」について再度詳しく説明すると共に、ホログラムレンズの光の有効径内に回折格子のない部分も存在する場合について説明を行う。従って、本実施形態は上記第1～9の各実施形態と組み合わせる用いることができる。

【0121】図18は平板上にホログラムレンズ107を作製する一例を示す。図18において、(a)回折格子の無い部分または回折格子部の0次回折光の位相を決める仮想的な面107cを示し、(b)は格子パターン107a部を示し、(c)は(a)と(b)を組み合わせた図である。

【0122】まず、図18(b)を用いて、上記の第1～9の各実施形態で用いてきた、「ホログラム上の位

(17)

31

置」について説明する。前にも述べたように、「ホログラム上の位置」とは正確には、回折格子を格子ベクトル方向に進む波ととらえた場合の位相である。換言すれば、0次回折光と+1次回折光の位相差を 2π で規格化したもの、又は回折格子を2光束干渉法で設計又は作成する場合の参照光と物体光の位相差を 2π で規格化した値ともいえる。従って、回折格子の周期 p が図18

(b)に示すように、場所によって異なる($p \neq p' \neq p''$)場合、実物の距離としては横軸の0から0.1の幅と0.1から0.2の幅が異なる場合も有り得る。例えば4段の階段状の回折格子において、段差の幅が等しいという場合であっても、本明細書中ではあくまで回折格子を格子ベクトル方向に進む波ととらえた場合の位相の幅が等しいのであり、図18(b)のように実寸が $p \neq p' \neq p''$ となっている場合は一周期内の段差の幅 $p_1'/4$ と、 $p_2'/4$ も実寸では異なることもある。始めに定義したように、簡単のため本明細書中では光の位相変調量の図の横軸を単にホログラム上の位置と呼んできた。

【0123】次に、格子パターン107a部と格子パターンのない領域107bの整合に付いて述べる。回折格子(ホログラム)から生じる0次回折光の位相は、一周期内で光が受ける位相変調量の平均になる。そこで、図18(c)に示すように、格子パターンのない領域107bと一周期内で光が受ける位相変調量の平均を同じにすることにより、0次回折光の波面を描えることができる。換言すれば、(a)の0次回折光の位相を決める面107cを(b)の格子パターン107aにより変調することになる。

【0124】なお、本発明で用いる集光光学系は屈折型の対物レンズ4とホログラムレンズ107(又は109)の組み合わせより構成されている。そこで、ホログラムレンズ107と対物レンズ4をパッケージ等を用いて連結することにより、ホログラムレンズ107と対物レンズ4の光軸ずれを小さくすることができ、ホログラムレンズ107の+1次回折光の軸外収差をより小さくすることができる。

【0125】(第11の実施形態)また、図19に示すように対物レンズ4上にホログラムレンズの格子パターン107aを直接作製し、対物レンズとホログラムレンズを一体化しても良い。このような構成により、ホログラムレンズと対物レンズの光軸ずれを小さくすることができ、ホログラムレンズの+1次回折光の軸外収差をより小さくでき、かつ、一層の軽量化と低コスト化を図ることもできるという効果がある。

【0126】さらに、設計上ホログラムレンズが光軸に対して傾くと収差が発生するような場合は、図19に示すように、ホログラムレンズの格子パターン107aを対物レンズ4の曲率の大きな(曲率半径の小さな)面、すなわち情報記録媒体(光ディスク)に対向する面のの

32

反対側に形成することにより、ホログラムレンズの光軸に対する収差を抑制することができる。

【0127】図19に示す格子パターン107aの0次回折光(透過光)の位相は、格子パターン107aにより与えられる位相変調量の平均値となる。従って、格子パターン107aの格子の凹凸の高さの平均の面1070(点線で表示)と格子パターンのない面1071の表面を連続的につなぎ、かつ、格子パターン107aの格子の平均面1070と格子パターンのない面1071の表面を基板厚 t_2 を通して光ビームをほぼ回折限界に集光できるように設計する。レンズ面等の曲面上にホログラムを作製する一例を、図20を用いて詳しく説明する。

【0128】図20において、(a)は格子パターンのない領域又は回折格子の0次回折光の位相を決める仮想的な面107cを示し、(b)は格子パターン107aを示し、(c)は(a)と(b)を組み合わせた図である。回折格子(ホログラム)から生じる0次回折光の位相は、一周期内で光が受ける位相変調量の平均になる。そこで、図20(c)に示すように、格子パターンのない領域107bと一周期内で光が受ける位相変調量の平均を同じにすることにより、0次回折光の波面を描えることができる。換言すれば、(a)の0次回折光の位相を決める面107cを(b)に示す格子パターン107aにより変調することになる。このため、(a)と(b)を合成した(c)の形は、見かけ上(b)とは異なった形になる場合もある。本発明の主旨は、あくまで一周期の中で光が受ける位相の変調量に関するものである。本実施形態も、上記第1~9の各実施形態と組み合わせる用いることができる。

【0129】

【発明の効果】以上のように、本発明の第1のホログラムは例えば第1の実施形態に対応し、0次回折光と+1次回折光の回折効率が他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、0次回折光と+1次回折光の回折効率がいずれも30%以上であり、+2次回折光及び-1次回折光のいずれか一方の回折効率が2%以下である。そのため、不要な回折光である+2次回折光又は-1次回折光による影響を小さくすることができる。また、このホログラムを用いて、基板厚さの異なる複数種類の情報記録媒体(光ディスク)上に回折限界まで光ビームを集光することのできる光ヘッド装置及びその集光光学系を提供するが可能になる。さらに、それらを用いることにより、より安定して情報の記録、再生及び消去が可能なる光ディスク装置を提供することが可能になる。

【0130】上記構成において、+1次回折光に対して凹レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が2%以下とすることにより、屈折型レンズと組み合わせることにより、0次回折光と+1次回折光をそれぞれ異なった2つの焦点に集光させることができる。すなわち、このホ

ログラムを用いることにより、2焦点集光光学系を構成することが可能となる。また、+2次回折光の回折効率を-3次回折光の回折効率より小さくすることにより、+2次回折光による影響を低減させることができる。

【0131】本発明の第2のホログラムは例えば第2の実施形態に対応し、0次回折光及び+1次回折光の回折効率が他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、+1次回折光に対して凹レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が-1次回折光の回折効率よりも小さい。そのため、例えば+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ の $1/3$ 以下にすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ と-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ を共に小さく抑えることができる。

【0132】また、上記第1のホログラムにおいて、+1次回折光に対して凸レンズ作用を有し、0次回折光と+1次回折光の回折効率はいずれも30%以上であり、-1次回折光の回折効率が2%以下とすることにより、第4又は第5の実施形態に対応し、色収差、特に焦点位置の変化を防止することができる。また、-1次回折光の回折効率を+3次回折光の回折効率より小さくすることにより、その分-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ が低下し、-1次回折光及び+2次回折光による影響 $R'(-1)$ 及び $R'(+2)$ を抑制することができる。

【0133】本発明の第3のホログラムによれば、0次回折光及び+1次回折光の回折効率は他のいずれの次数の回折光の回折効率よりも大きく、+1次回折光に対して凸レンズ作用を有し、+2次回折光の回折効率が-1次回折光の回折効率よりも小さいので、屈折型レンズと組み合わせることにより、0次回折光と+1次回折光をそれぞれ異なった焦点に集光させることができる。

【0134】また、-1次回折光及び+2次回折光のうち、その回折効率が2%以下のものを、他方の回折効率の $1/3$ 以下とすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ と-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ を共に小さく抑えることができる。

【0135】本発明の第4のホログラムは第7の実施形態に対応し、+1次回折光の回折効率が50%以上であり、0次の回折効率が15%以上であり、-1次回折光の回折効率が1%以下であり、+1次回折光に対して凸レンズ作用を有する。すなわち、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ を0次回折光の回折効率 $E(0)$ に比べて明らかに大きくしているので、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ は10%程度あっても特に問題にならない。特に、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ を1%以下とすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができる。

【0136】本発明の第5のホログラムは図8(a)に示す第2の実施形態に対応し、ホログラムを構成する格

子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は少なくとも2つの山を有しており、前記2つの山のうち一方の前記ホログラム上の位置方向における幅が他方の幅よりも狭く、前記光学的位相変調量方向における高さが他方の光学的位相変調量方向の高さも低く、前記光学的位相変調量方向における高さの高い方の山の1つの斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅が前記1周期の略 $1/2$ 以上であり、前記光学的位相変調量方向における高さの低い方の山の位置方向の幅が前記1周期の略 $1/3$ 以下である。そのため、図8(b)に示すように、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ がほぼ等しいとき、-3次回折光の回折効率 $E(-3)$ が-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ 及び+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ よりも大きくなっており、その分+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を減らして2%以下にすることができ、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ を3.2%という十分に小さな値にすることができる。

【0137】本発明の第6のホログラムは図9(a)に示す第3の実施形態に対応し、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された5段の階段状であり、第1段から第4段までは順にその高さが高くなり、第5段は前記第4段よりも高さが低く、前記第1段及び第5段の前記ホログラム上の位置方向の幅が1周期の略 $1/10$ である。そのため、図9(b)に示すように、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ がほぼ等しいとき、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ を2%以下に減らすことができる。その結果、+2次回折光による影響の大きさ $R(+2)$ を3.1%、-1次回折光による影響の大きさ $R(-1)$ を5%という十分に小さな値にすることができる。

【0138】本発明の第7のホログラムは図13(a)に示す第5の実施形態に対応し、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は同じ方向に傾斜した連続した第1及び第2の斜面を有しており、前記第2の斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅は1周期の略90%であり、前記第1の斜面の傾斜は前記第2の斜面の傾斜よりも急である。そのため、図13(b)に示すように、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ がほぼ等しいとき、+3次回折光の回折効率 $E(+3)$ が-1次回折光の回折効率 $E(-1)$

(19)

35

よりも大きくなっており、その分-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ は減り、-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ 及び+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ を5.2%に抑制することができる。

【0139】本発明の第8のホログラムは図14(a)に示す第6の実施形態に対応し、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された4段の階段状であり、第1段から第4段まで順にその高さが高くなり、第1段と第2段の段差及び第3段と第4段の段差はいずれも第2段と第3段の段差よりも大きく、前記第1段と第2段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_2 は略 0.35π であり、前記第2段と第3段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_3 と前記 ϕ_2 の和が略 0.98π である。そのため、図14(b)に示すように、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ と0次回折光の回折効率 $E(0)$ が等しくなるときの段差により光に与える位相変調量 ϕ_1 は 0.98π （光路差では 0.49λ 、 λ は波長）である。 $E(+1)$ と $E(0)$ がほぼ等しいとき、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ が2%以下に減り、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ を4.1%、-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を6%という小さな値にすることができる。本実施形態において、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ を+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ のほぼ $1/3$ 以下にすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができる。

【0140】本発明の第9のホログラムは図15(a)に示す第7の実施形態に対応し、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された連続する第1、第2及び第3の3つの斜面を有し、第3の斜面の前記ホログラム上の位置方向の幅は1周期の略 $2/3$ 以上であり、前記第1、第2及び第3の斜面はそれぞれ同じ方向に傾斜し、前記第2の斜面の傾斜は前記第1及び第3の斜面の各傾斜よりも急である。そのため、図15(b)に示すように、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ が60%のとき、0次回折光の回折効率 $E(0)$ は約23%であり、十分な回折効率を得られることがわかる。すなわち、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ を0次回折光の回折効率 $E(0)$ に比べて明らかに大きくしているため、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ は10%程度あっても特に問題にならない。また、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ を+2

36

次回折光の回折効率 $E(+2)$ の $1/10$ 以下にすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができる。

【0141】本発明の第10のホログラムは図16

(a)に示す第8の実施形態に対応し、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は同方向に傾斜した2つの不連続な斜面を有し、前記各斜面の前記ホログラム上の位置方向における幅は、それぞれ1周期の略 $1/2$ である。そのため、図16(b)に示すように、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ が55%のとき、0次回折光の回折効率 $E(0)$ は約23%である。すなわち、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ を0次回折光の回折効率 $E(0)$ に比べて明らかに大きくしているため、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ は10%程度あっても特に問題にならない。また、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ を+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ の $1/10$ 以下にすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができる。

【0142】本発明の第11のホログラムは図17

(a)に示す第9の実施形態に対応し、ホログラムを構成する格子の1周期内において、前記ホログラムにより受ける光学的位相変調量を、前記ホログラム上の位置又は0次回折光と+1次回折光の位相差に対してグラフ化した場合に、前記グラフの形状は前記ホログラム上の位置方向に順に配列された4段の階段状であり、第1段から第4段まで順にその高さが高くなり、第1段と第2段の段差及び第3段と第4段の段差はいずれも第2段と第3段の段差よりも大きく、前記第1段と第2段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_2 は略 0.45π であり、前記第2段と第3段の段差により光に与える位相変調量 ϕ_3 と前記 ϕ_2 の和が略 0.62π である。そのため、図17(b)に示すように、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ が55%のとき、0次回折光の回折効率 $E(0)$ は約20%である。段差 ϕ_1 は 0.62π （光路差では 0.31λ 、 λ は波長）である。すなわち、+1次回折光の回折効率 $E(+1)$ を0次回折光の回折効率 $E(0)$ に比べて明らかに大きくしているため、+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ は10%程度あっても特に問題にならない。また、-1次回折光の回折効率 $E(-1)$ を+2次回折光の回折効率 $E(+2)$ の $1/10$ 以下にすることにより、+2次回折光による影響の大きさ $R'(+2)$ 及び-1次回折光による影響の大きさ $R'(-1)$ を共に小さく抑えることができる。

【0143】また、本発明の第1の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記

ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、前記2つの焦点は前記ホログラムレンズによる0次回折光及び+1次回折光の焦点であり、前記ホログラムレンズは上記いずれかのホログラムを含む。そのため、不要な-1次回折光及び+2次回折光による影響を十分に抑制した2焦点集光光学系を構成することができる。

【0144】また、上記構成において、前記焦点を、それぞれ基板表面から情報記録面までの厚さが異なる複数種類の情報記録媒体の前記情報記録面上に収束するように設計することにより、基板厚さの異なる複数種類の情報記録媒体の記録再生が可能な光ディスク装置の光ヘッド装置の光学系として用いることができる。

【0145】本発明の第2の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、前記屈折型レンズは前記ホログラムレンズによる0次回折光を情報記録媒体の基板表面から厚さ t_2 の位置に設けられた第1の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは前記ホログラムレンズ自身により回折される回折光が前記屈折型レンズを通過した後、前記基板表面から前記厚さ t_2 よりも厚い t_1 の位置に設けられた第2の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは上記第1、第2、第5及び第6のいずれかのホログラムを含む。そのため、上記第1の集光光学系と同様に、基板厚さの異なる2種類の情報記録媒体の記録再生が可能な光ディスク装置の光ヘッド装置の光学系として用いることができる。

【0146】本発明の第3の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、前記屈折型レンズは前記ホログラムレンズによる0次回折光を情報記録媒体の基板表面から厚さ t_1 の位置に設けられた第1の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは前記ホログラムレンズ自身により回折される回折光が前記屈折型レンズを通過した後、前記基板表面から前記厚さ t_1 よりも薄い t_2 の位置に設けられた第2の情報記録面上に光ビームを集光し、前記ホログラムレンズは上記第1、第3、第4、第7から第11のいずれかのホログラムを含む。そのため、上記第1の集光光学系と同様に、基板厚さの異なる2種類の情報記録媒体の記録再生が可能な光ディスク装置の光ヘッド装置の光学系として用いることができる。

【0147】本発明の第4の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出

し、前記2つの焦点はそれぞれ開口数が異なり、前記ホログラムレンズは第1から第11のいずれかのホログラムを含む。そのため、上記第1の集光光学系と同様に、基板厚さの異なる2種類の情報記録媒体の記録再生が可能な光ディスク装置の光ヘッド装置の光学系として用いることができる。特に、+1次回折光を用いて基板厚さの厚い情報記録媒体の再生を行い、0次回折光を用いて基板厚さの薄い情報記録媒体の再生を行う場合に有効である。

【0148】本発明の第5の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、0次回折光が集光される焦点の開口数が+1次回折光が集光される焦点の開口数よりも大きく、前記ホログラムレンズは上記第1、第2、第5及び第6のいずれかのホログラムを含む。そのため、上記第4の集光光学系と同様に、基板厚さの異なる2種類の情報記録媒体の記録再生が可能な光ディスク装置の光ヘッド装置の光学系として用いることができる。特に、+1次回折光を用いて基板厚さの厚い情報記録媒体の再生を行い、0次回折光を用いて基板厚さの薄い情報記録媒体の再生を行う場合に有効である。

【0149】上記第5の集光光学系において、前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は上記第1、第2、第5及び第6のいずれかのホログラムであり、+1次回折光の回折効率を内周部よりも外周部の方が小さくするようにすることにより、+1次回折光及び0次回折光の光量及びそれらの分布を補正することができる。

【0150】または、前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は上記第1、第2、第5及び第6のいずれかのホログラムであり、外周部は格子パターンが形成されていない領域を設けることにより、同様に、+1次回折光及び0次回折光の光量及びそれらの分布を補正することができる。

【0151】さらに、上記構成において、前記ホログラムレンズの格子パターンが形成されていない領域の位相と、格子パターン部の位相の平均値とをほぼ等しくすることにより、格子パターン部を透過した0次回折光の位相と格子パターンが形成されていない領域を透過した0次回折光の位相をほぼ同じに合せることができ、屈折型レンズによる集光性能を向上させることができる。

【0152】本発明の第6の集光光学系は、少なくとも屈折型レンズとホログラムレンズを具備し、前記ホログラムレンズは前記対物レンズに対して同一の側で、かつ光軸方向の異なる位置に少なくとも2つの焦点を作り出し、0次回折光が集光される焦点の開口数が+1次回折光が集光される焦点の開口数よりも小さく、前記ホログ

(21)

39

ラムレンズは上記第1、第3、第4、第7から第11のいずれかのホログラムを含む。そのため、上記第4又は第5の集光光学系と同様に、基板厚さの異なる2種類の情報記録媒体の記録再生が可能な光ディスク装置の光ヘッド装置の光学系として用いることができる。特に、+1次回折光を用いて基板厚さの厚い情報記録媒体の再生を行い、0次回折光を用いて基板厚さの薄い情報記録媒体の再生を行う場合に有効である。

【0153】上記第6の集光光学系において、前記屈折型レンズの有効径内に対応する前記ホログラムレンズを内周部と外周部に分けた場合に、内周部は請求項1、5～7、9及び12～16のいずれかに記載されたホログラムであり、0次回折光の回折効率を内周部よりも外周部の方が小さくするようにするとにより、+1次回折光及び0次回折光の光量及びそれらの分布を補正することができる。

【0154】上記第1から第6の集光光学系において、前記屈折型レンズ及び前記ホログラムレンズの相対位置を固定することにより、ホログラムレンズと屈折型レンズの光軸ずれを小さくすることができ、ホログラムレンズの+1次回折光の軸外収差をより小さくでき、かつ、一層の軽量化と低コスト化を図ることもできる。

【0155】また、前記屈折型レンズ表面に前記ホログラムレンズを形成することにより、設計上ホログラムレンズが光軸に対して傾くと収差が発生するような場合に、ホログラムレンズの光軸に対する収差を抑制することができる。特に、前記屈折型レンズ面のうち、曲率の大きな表面に、前記ホログラムレンズを形成することが有効である。

【0156】また、上記集光光学系を用いた光ヘッド装置を構成することにより、-1次回折光及び+2次回折光による影響を抑制した、それぞれ基板厚さの異なる複数の情報記録媒体にコンパクトな光ディスク装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態における光ディスク装置及びその光ヘッド装置の構成を示す光路図

【図2】(a)はホログラムレンズを凹レンズ型に設計した第1の実施形態において、+1次回折効を基板厚さ t_2 の薄い情報記録媒体51に対して集光する場合を示す図、(b)は0次光を基板厚さ t_1 の厚い($t_1 > t_2$)情報記録媒体5に対して集光する場合を示す図

【図3】第1の実施形態におけるホログラムレンズを光軸方向から見た図

【図4】図3の第1の実施形態におけるホログラムレンズの光軸に直交する断面図

【図5】サイドローブを説明するための図

【図6】(a)は凹レンズ型ホログラムレンズに関する従来の鋸歯状回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す鋸歯状回折格子から得られる回折

40

効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図7】(a)は凹レンズ型ホログラムレンズに関する従来の等段差及び等段幅の階段状回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す階段状回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図8】(a)は第2の実施形態の4つの斜面で構成された回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す斜面による回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図9】(a)は第3の実施形態の5段の階段状回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す階段状回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図10】(a)はホログラムレンズを凸レンズ型に設計した第4の実施形態において、+1次回折効を基板厚さ t_2 の薄い情報記録媒体51に対して集光する場合を示す図、(b)は0次光を基板厚さ t_1 の厚い($t_1 > t_2$)情報記録媒体5に対して集光する場合を示す図

【図11】(a)は凸レンズ型ホログラムレンズに関する従来の鋸歯状回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す鋸歯状回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図12】(a)は凸レンズ型ホログラムレンズに関する従来の等段差及び等段幅の階段状回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す階段状回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図13】(a)は第5の実施形態の2つの斜面で構成された回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す斜面による回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図14】(a)は第6の実施形態の4段の階段状回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す階段状回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図15】(a)は第7の実施形態の3つの斜面で構成された回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す斜面による回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図16】(a)は第8の実施形態の2つの不連続な斜面で構成された回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す斜面による回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光による影響の大きさを示す図

【図17】(a)は第9の実施形態の4段の階段状回折格子による光の位相変調量を示す図、(b)は(a)に示す階段状回折格子から得られる回折効率及び不要な回折光の影響の大きさを示す図

【図18】第10の実施形態における平板上にホログラ

(22)

41

ムレンズを形成する一例を示し、(a)は回折格子の無い部分または回折格子部の0次回折光の位相を決める仮想的な面107cを示す図、(b)は格子パターン107a部を示す図、(c)は(a)と(b)を組み合わせを示す図

【図19】対物レンズ上に直接ホログラムレンズを形成した第11の実施形態を示す図

【図20】第11の実施形態において、曲面上にホログラムレンズを形成する一例を示し、(a)は回折格子の無い部分または回折格子部の0次回折光の位相を決める仮想的な面107cを示す図、(b)は格子パターン107a部を示す図、(c)は(a)と(b)を組み合わせを示す図

【図21】従来の光ディスク装置及びその光ヘッド装置の構成を示す光路図

【図22】従来の2焦点集光光学系における不要な回折

42

光の振る舞いを示す図

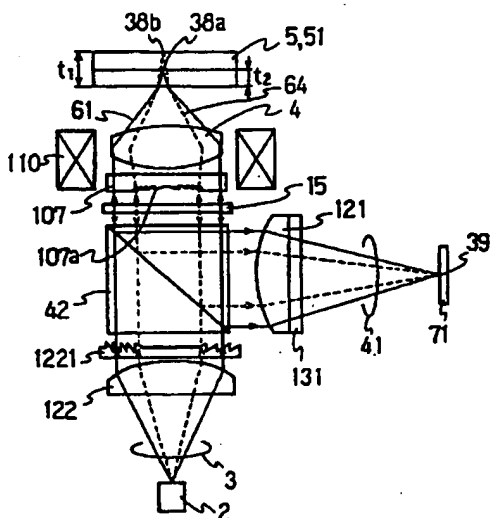
【図23】従来のホログラムレンズの回折格子の形状を示す図

【図24】一般的な回折格子の形成方法を示す工程図

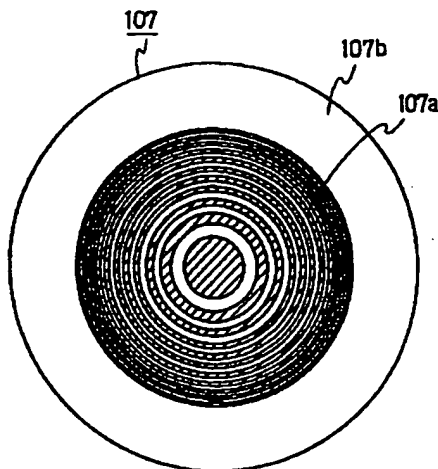
【符号の説明】

- | | |
|------|-----------|
| 2 | 放射光源 |
| 3 | 光ビーム |
| 4 | 対物レンズ |
| 5、51 | 情報記録媒体 |
| 71 | 光検出器 |
| 36 | ビームスプリッター |
| 107 | ホログラムレンズ |
| 110 | 駆動手段 |
| 121 | 収束レンズ |
| 122 | コリメートレンズ |

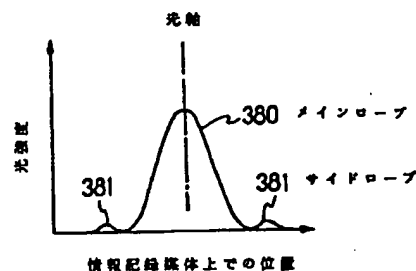
【図1】



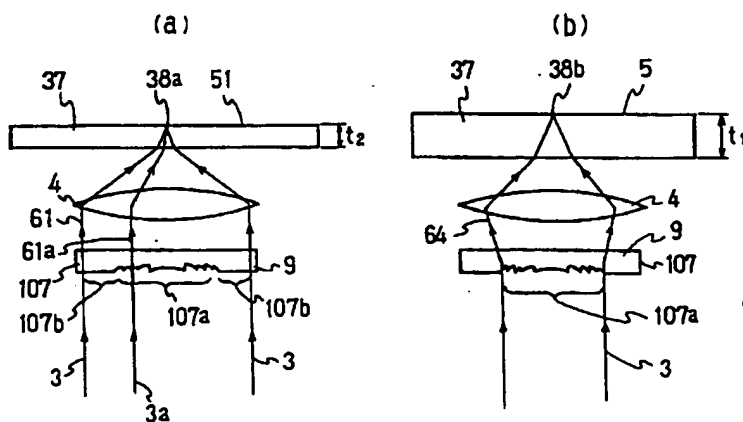
【図3】



【図5】

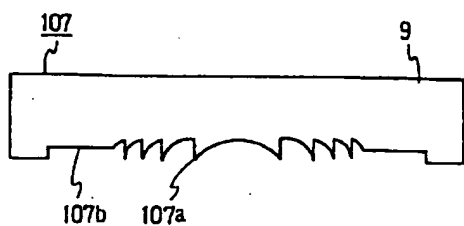


【図2】

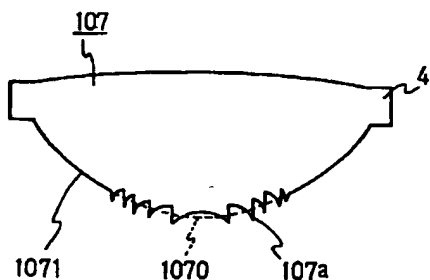


(23)

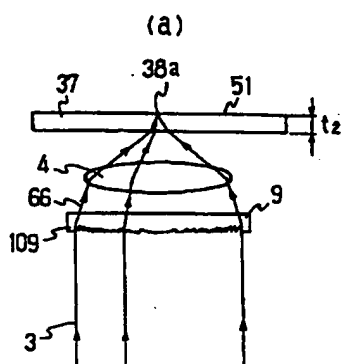
【図4】



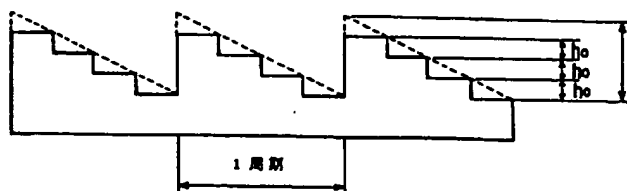
【図19】



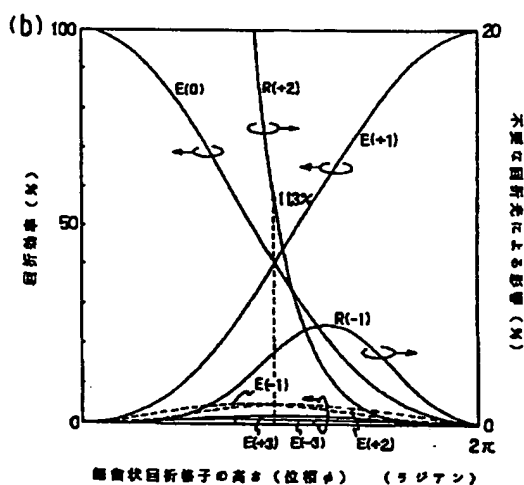
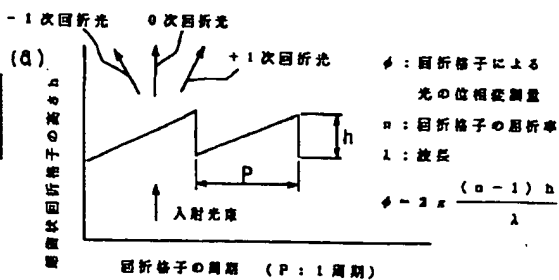
【図10】



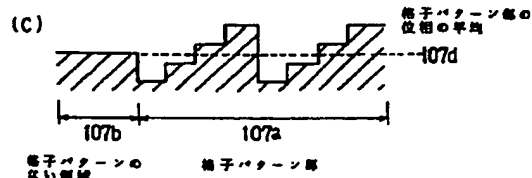
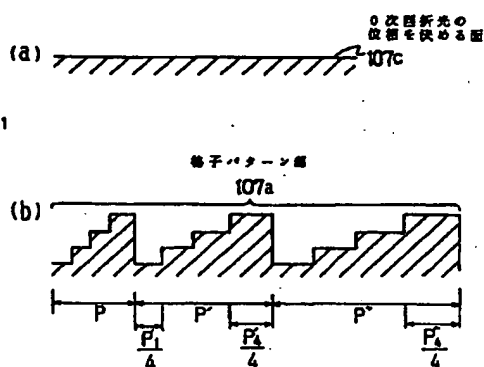
【図23】



【図6】

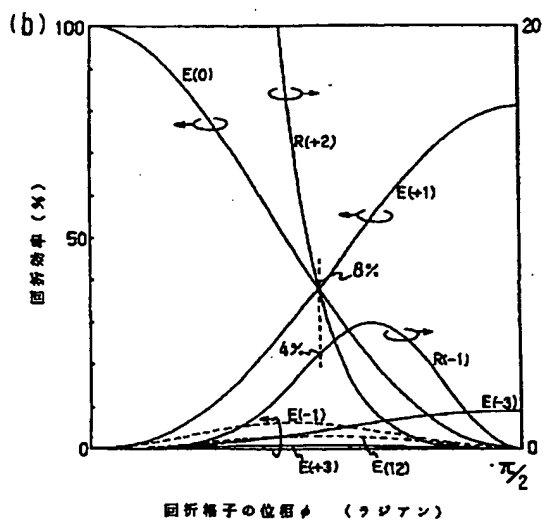
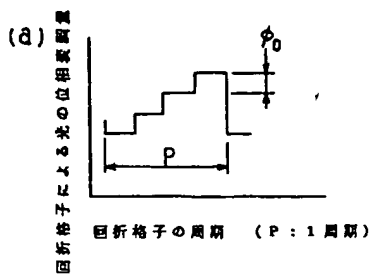


【図18】

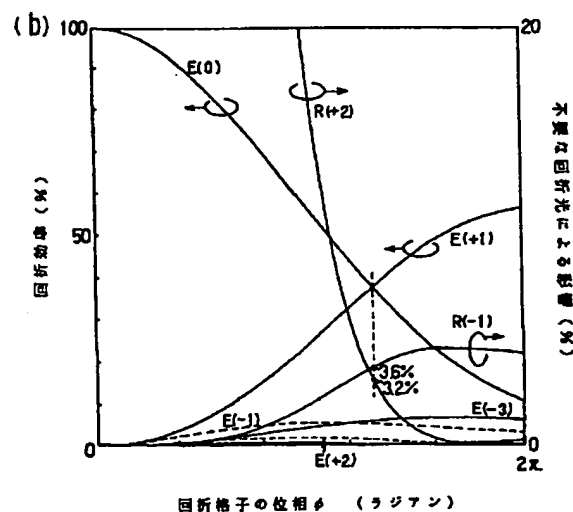
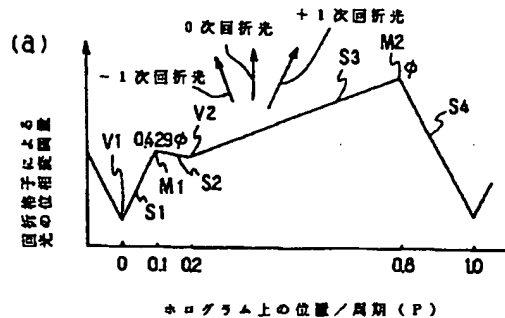


(24)

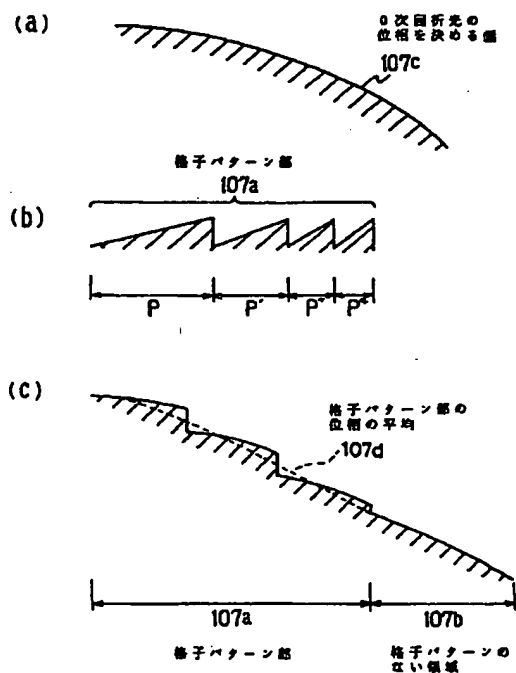
【図7】



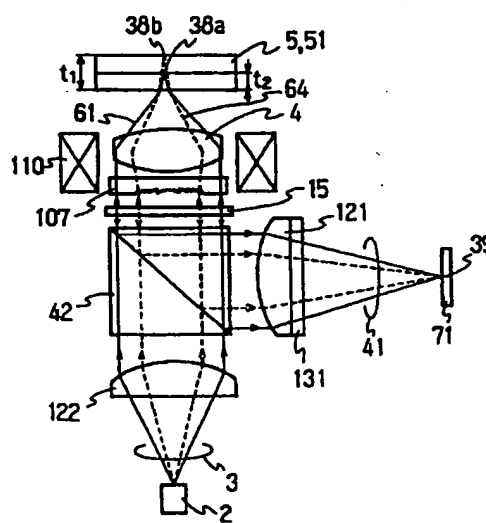
【図8】



【図20】

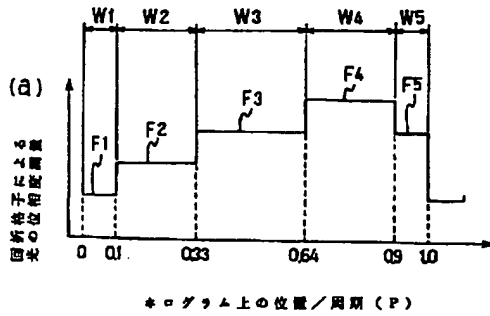


【図21】

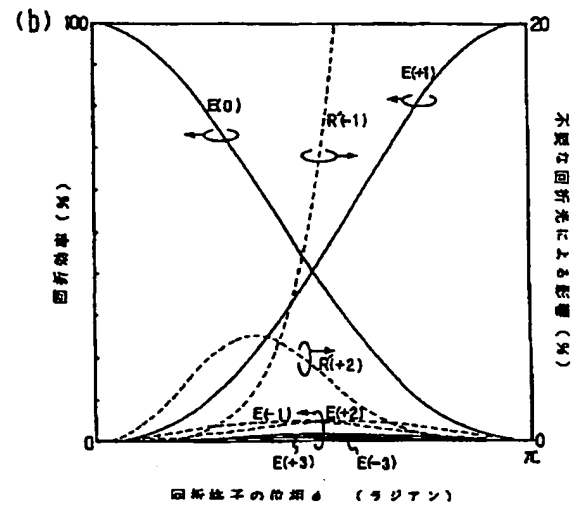
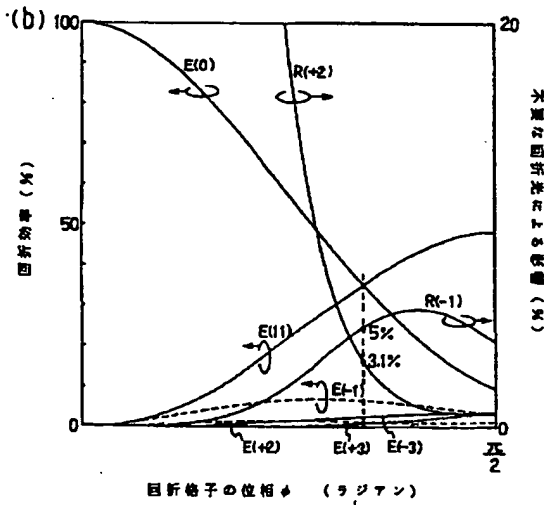
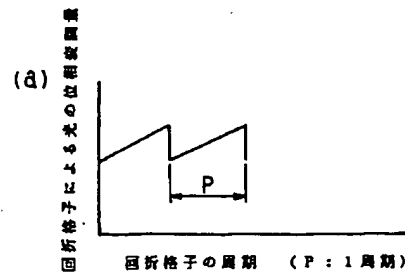


(25)

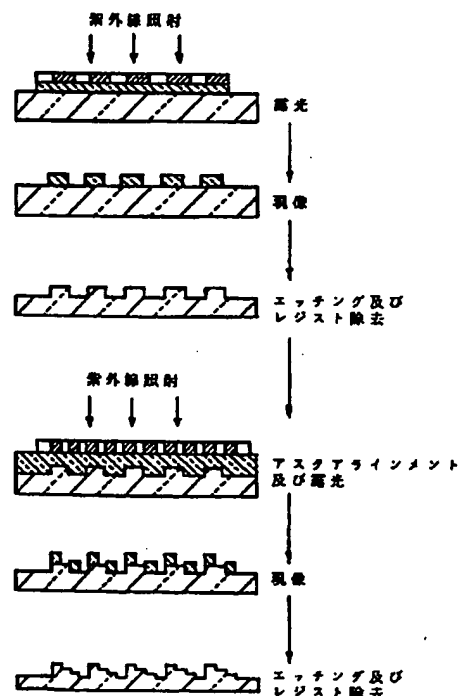
【図9】



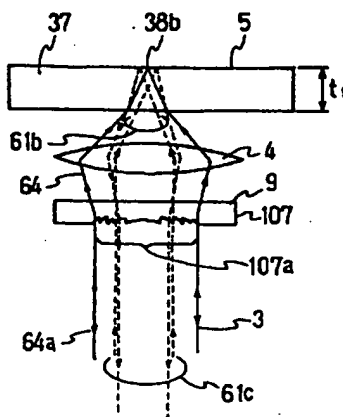
【図11】



【図24】

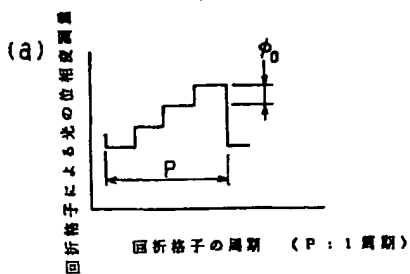


【図22】

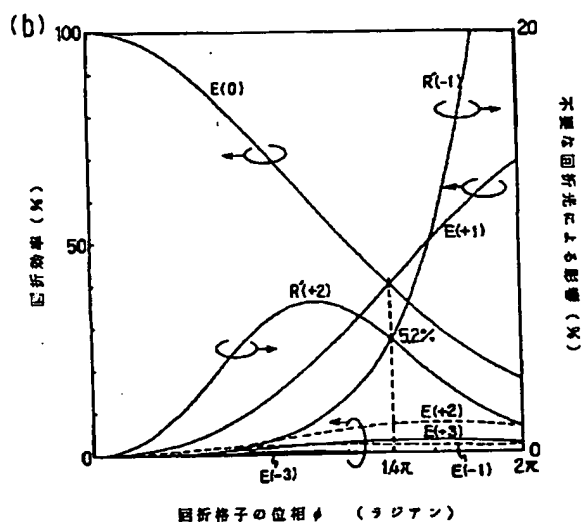
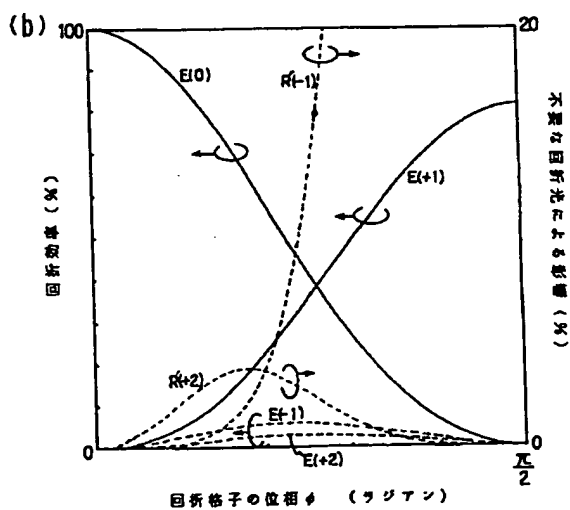
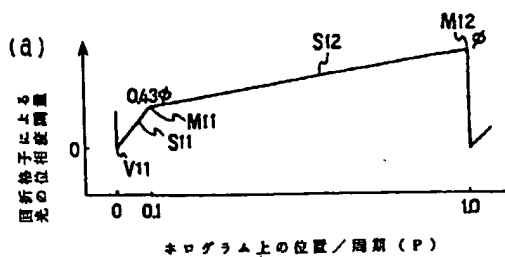


(26)

【図12】

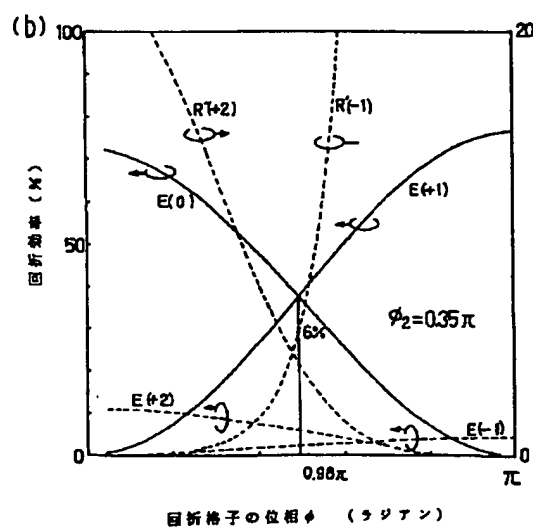
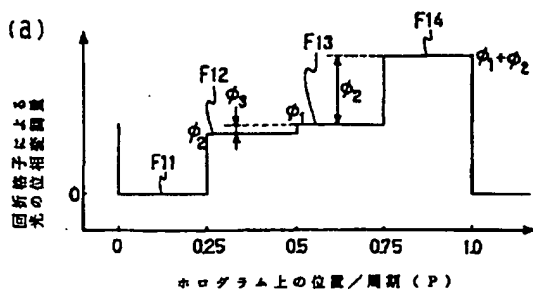


【図13】

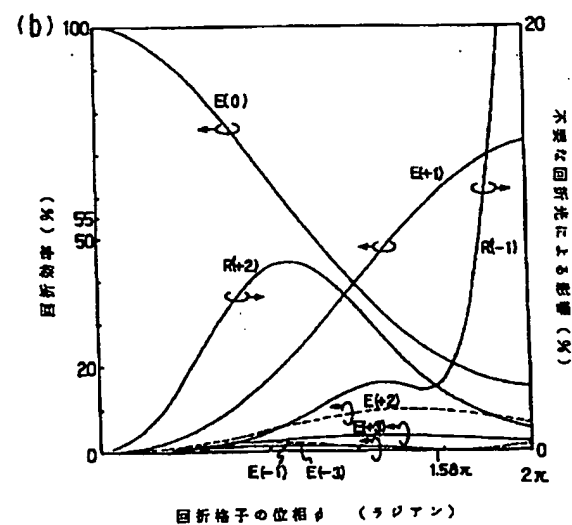
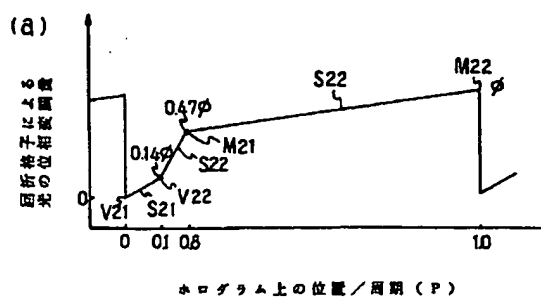


(27)

【図14】

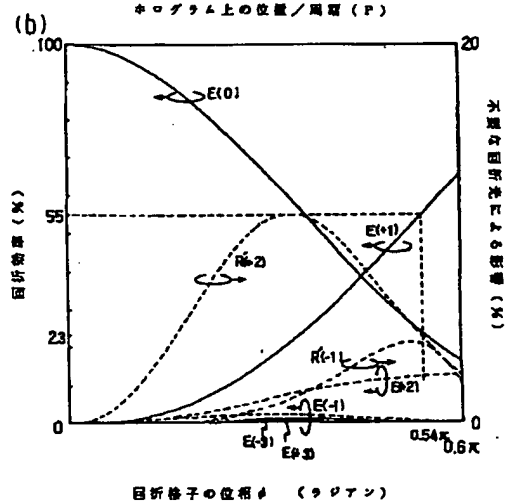
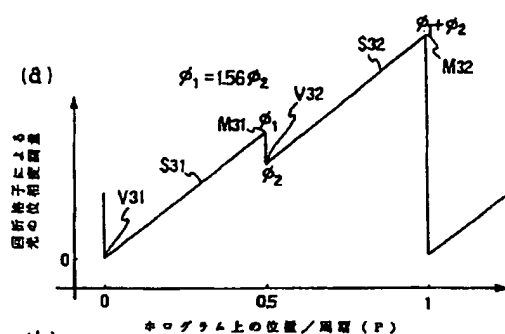


【図15】



(28)

【図16】



【図17】

